DIE NATURWISSENSCHAFTEN

18. Jahrgang | 6. Juni 1930 | Heft 23

Die „Discovery"-Forschungen im Südatlantik.

Von Erich v. Drygalski, München.

Die Erforschung des Südpolargebietes ist in den letzten Jahren in ein neues Stadium getreten, nachdem vorher zwischen 1897 und 1922 nicht weniger als 15 große wissenschaftliche Expeditionen stattgefunden hatten. Dieselben waren von Australien, Belgien, Deutschland, England, Frankreich, Japan, Norwegen, Schottland und Schweden entsandt, hatten alle eine Dauer von 2—3 Jahren und arbeiteten von den Schiffen aus und von ihren an den gefundenen Küsten angelegten Stationen. Sie machten größere Schlittenreisen und intensive Forschungen in den Stationsgebieten. Dadurch wurden die Umrisse des antarktischen Kontinents erheblich weiter geklärt, als sie vorher bekannt waren, und eine große Fülle wissenschaftlichen Materials über die Natur der Antarktis und der subantarktischen Meere und Inseln gewonnen. Eine stattliche Reihe von Reisebüchern und großen wissenschaftlichen Werken liegt seitdem vor. Allein das Werk der deutschen Gauß-Expedition 1901—1903, die ich geführt habe, umfaßt 20 starke Bände in Großquart mit vielen Bildern, Tafeln und Karten, sowie 2 Atlanten; es hat über 100 Mitarbeiter gehabt. Andere Werke sind noch im Erscheinen begriffen. Seit 1928 sind auch Flugzeugexpeditionen am Werke gewesen, oder sind es noch; sie waren teils ganz auf dieses neueste Verkehrs- und Forschungsmittel basiert, teils auf dessen Kombination mit dem Schiff; auch diese haben schon sehr bemerkenswerte Erfolge gehabt.

Inzwischen hat die Beschäftigung mit dem Südpolargebiet eine mehr wirtschaftliche und politische Richtung genommen. Von den subantarktischen Inseln galten schon längere Zeit die südindischen Crozets und Kerguelen als französisch, und Macquarie-Eiland mit anderen, die um Neuseeland herum gelegen sind, als britisch, während die Marion- und Prinz-Eduard-Insel, sowie Heard- und McDonald-Eiland, die alle im südindischen Ozean liegen, nach einer neuesten amerikanischen Quelle sowohl von England wie von Frankreich beansprucht werden. Auf Heard-Eiland haben im vergangenen Jahrhundert auch amerikanische Interessen bestanden, wie die Gauß-Expedition bei ihrem dortigen Besuche 1902 feststellen konnte. Ganz neuerdings hat Norwegen das südatlantische Bouvet-Eiland und die südpazifische Insel Peter I. für sich beansprucht. Auf dem antarktischen Kontinent selbst ist das Adélie-Land zwischen 66° und 67° s. Br., 136° 20′ und 142° 20′ ö. L. v. Gr. durch einen Erlaß Frankreichs vom 29. März 1924 als französisch erklärt worden, und zwar nach dem Recht der ersten Entdeckung durch den Admiral Dumont d'Urville 1840. Vor allem sind von England zwei am Pol zusammenlaufende Sektoren für britisch erklärt worden, zuletzt durch Erlaß vom 30. VII. 1923, nämlich die sogenannten „Falkland Islands Dependencies" zwischen 20° und 50° w. L. v. Gr. vom Pol bis 50° s. Br., sowie anschließend zwischen 50° und 80° w. L. v. Gr. vom Pol bis 58° s. Br., und die Ross Dependency zwischen 150° w. L. und 160° ö. L. v. Gr. vom Pol bis 60° s. Br. Diese Sektoren enthalten um den Pol herum unbewohnbares Inlandeis mit einigen eisfreien Küstenstrecken davor, und nördlich von diesen gewaltige Wasserräume mit unbewohnten und wenig gekannten Inseln. Hier sind also große Meere für britisch erklärt und in der Freiheit ihrer Nutzung beschränkt worden. Eine Anerkennung der Besitzergreifung durch die anderen Nationen ist bisher nicht erfolgt. Dagegen wies die britische Reichskonferenz von 1926 darauf hin, daß noch an weiteren antarktischen Küsten außerhalb jener beiden Sektoren britische Rechte des ersten Entdeckers vorliegen. Hierauf scheinen die Vereinigten Staaten 1929 geantwortet zu haben, daß diese Fragen nicht erledigt und offen seien, und Argentinien hat daran erinnert, daß die Falkland-Inseln selbst nicht britisch, sondern argentinisch seien. Jene Besitzergreifung und Ansprüche Englands enthalten auch zahlreiche erste Entdeckungen von anderen Nationen.

Die Gründe dieser wichtigen politischen Ereignisse liegen im Walfang, also in Ölinteressen, welche ja den heutigen Verkehr wie die Handels- und Machtentwicklung der Staaten beherrschen. Sie sind nichts anderes als die Übertragung der Kämpfe um die Ölfelder der Länder auf das Weltmeer. In diesem liegen die Gebiete der Trantiere, um die es sich dabei handelt, vor allem in den kälteren Meeren beider Hemisphären. Im Norden sind sie seit langem ausgebeutet und meistens erschöpft. Im Süden sind dagegen reiche Walfanggebiete neu entdeckt worden; diese locken jetzt die Nationen und haben sie auf der Grundlage der Arbeiten jener wissenschaftlichen Expeditionen, die ich erwähnte, zu wirtschaftlichen Erkundungsfahrten und politischen Beanspruchungen getrieben. Das größte Unternehmen dieser Art ist die britische Discovery-Expedition, über deren bedeutende Ergebnisse jetzt ein umfangreicher erster Band berichtet (Discovery-Reports, Cambridge at the University Press, 1929). Er ist erschienen in 6 Heften, Großquart, mit 592 S., 56 teils farbigen Tafeln und Karten, sowie mit vielen Textfiguren. Er ist ein ausgezeichnetes Werk, über dessen Inhalt hier ein kurzer Bericht gegeben sei.

Diese Discovery-Expedition wurde aus den Einnahmen der Walindustrie in den Dependencies of the Falkland Islands bestritten. Hierin tritt schon ihr wirtschaftlicher Charakter hervor. Sie bestand in ozeanischen Fahrten und Forschungen der berühmten „Discovery", welche einst für die erste Südpolarexpedition von R. F. Scott 1901—1904 erbaut und 1925 nach Umbauten und besonderer Ausrüstung als „Royal Research Ship" wieder in Dienst gestellt war. Zur Ergänzung ihrer Planktonforschungen und hydrologischen Arbeiten, sowie zur Verfolgung gemarkter Wale auf deren Wanderungen war ihr in dem Research Steamship „William Scoresby" (erbaut 1925) ein Schiff mit größter Geschwindigkeit beigegeben. Zur Vertiefung der Ergebnisse durch sofortige Durchforschung der eingebrachten Sammlungen diente ein wissenschaftliches Laboratorium auf Süd-Georgien in der Cumberland-Bai nahe der dortigen Walstation Grytviken, die schon 1904 durch den bekannten Kapitän C. A. Larsen gegründet ist. Die Gelehrten dieses Laboratoriums wurden aber zeitweise auch zu Forschungen auf anderen Walstationen, so in Saldanha-Bai nördlich von Kapstad, in Durban, auf Deception-Eiland der Süd-Shetland-Inseln, sowie auf den Süd-Sandwichs und selbst ins Rossmeer entsandt. Der Hauptstützpunkt aller Arbeiten war Süd-Georgien. Von dort gingen die Fahrten beider Schiffe aus, und zwar auf 6 Routen zwischen 30° und 55° s. Br. bis Kapstadt bzw. zur Saldanha-Bai hin und dann an der westafrikanischen Küste nordwärts, sowie westlich von Süd-Georgien zwischen 48° und 65° s. Br. um die Falkland-Inseln; die letzteren Fahrten endigen im Westen zwischen Port Desire der Patagonischen Küste und den schon rein antarktischen Gebieten des Graham-Landes und des Palmer-Archipels. Discovery hat dabei 299 ozeanische Forschungsstationen, William Scoresby 136 und das Laboratorium auf Süd-Georgien noch 82 in der Umgebung dieser Insel gehabt.

Heft 1 des Werkes bringt die meteorologischen, hydrologischen und biologischen Ergebnisse dieser ozeanischen Stationen. Heft 2 schildert die einzelnen Forschungsziele sowie die Ausrüstung und die Methoden dafür. Heft 3 behandelt ausführlich das Leben und den Wert der Elefantenrobbe auf Süd-Georgien, sowie noch kurz der Weddell-Robbe, des Krabbenfressers, des Seeleoparden und einer jetzt auf Süd-Georgien nahezu ausgestorbenen, früher sehr zahlreichen Pelzrobbe (Arctocephalus australis, Zimm.). Heft 4 enthält ein sehr umfangreiches, meist neues, anatomisches, biologisches und geographisches Material über den südlichen Blau- und Finnwal, sowie ein kleineres über die dortigen Sei-Humpback-Right- und Sperm-Wale, um die angewandten Benennungen zu gebrauchen, die in früheren Werken teilweise anders lauten. Das Material dieses Heftes ist von einzigartigem, grundlegendem Wert. Der Band wird durch zwei kürzere Hefte beschlossen, welche die walparasitischen Nematoden und Acanthocephalen und endlich die Vögel von Süd-Georgien schildern.

Es ist natürlich nicht möglich, in dieser Besprechung viele Einzelheiten mitzuteilen, doch seien die Ergebnisse kurz charakterisiert. Die ozeanischen Stationen liegen nicht auf vorher ausgesuchten Schnitten und Tiefen, sondern dort, wo das Studium der Wale, ihrer Lebensbedingungen und Wanderungen sie erforderten. Oberflächenbeobachtungen standen deshalb voran, doch sind auch zahlreiche hydrographische und biologische Tiefenserien gewonnen worden. Bodenuntersuchungen traten zurück. Die Schilderung der Ausrüstung und der Forschungsmethodik ist sehr genau; beide sind ebenso praktisch wie sicher gewesen. Von den vier biologischen Heften sind die über die Robben, Vögel und Walparasiten kurz, enthalten aber doch höchst interessante, neue Beobachtungen, besonders über das Leben der Elefantenrobben, von denen übrigens auch durch den deutschen Forscher A. Kohl auf Grund seines achtmonatigen Aufenthalts auf Südgeorgien 1928—29 jetzt ein überaus wertvolles wissenschaftliches Material heimgebracht worden ist, unter vielem anderen ebenso schöne Beobachtungen desselben. Völlig neues Material in großer Fülle bringt das vierte Heft des Discovery-Werkes über die Wale; es wirft zum ersten Male ein helles Licht auf das Leben und auf die Nutzungsmöglichkeiten dieser wichtigen Tierwelt im hohen Süden, besonders auch darauf, wie, wo und wann sie geschont werden muß, um die dortigen Fanggründe nicht zu erschöpfen. In diesen Ergebnissen liegt die hohe kulturelle Bedeutung des Werkes begründet.

Es ist in ihnen Material von 1683 Walen in summa, und darin von 1577 Blau- und Finnwalen, darunter beide etwa in gleicher Anzahl, verarbeitet worden. Ihre Körpermaße wurden bestimmt, dazu ihre Farbe, Barten, Bauchrinnen, Behaarung. Die Wale bei Süd-Georgien und bei Südwestafrika zeigten keine Artunterschiede. Ihr Wachstum und das Geschlechtsleben wurde genau verfolgt. Die Geschlechtsreife konnte für männliche Blauwale bei 22,6 m Länge, für weibliche bei 23,7 m, für männliche Finnwale bei 19,4 m, für weibliche bei 20,0 m ermittelt werden. Daraus folgt, daß bisher ein bedeutender Prozentsatz beider Arten vor der Geschlechtsreife gefangen wurde. Die Paarung erfolgt vor allem in den Wintermonaten Juni und Juli, das Tragen dauert etwas weniger als ein Jahr und die Zeit zwischen zwei Schwangerschaften normalerweise zwei Jahre. Die Säugezeit dauert 6—7 Monate; das Walkalb wächst schnell, erreicht aber seine Geschlechtsreife erst nach 2 Jahren. Das Walfutter — allem voran Euphausia superba — ist bei Süd Georgien sehr reich, bei Südafrika arm. Solche und viele andere Ergebnisse von großem wissenschaftlichen und praktischen Wert sind in dem Buche mitgeteilt und genau belegt worden.

Die jetzt vorliegenden Berichte enthalten die Ergebnisse der Jahre 1925—1927, doch wurden

die Arbeiten fortgesetzt und werden es noch. Damit wird auch für die politische Entwicklung der Antarktis und ihrer Meere, wie ich sie eingangs erwähnt habe, eine wichtige kulturelle Grundlage geschaffen. In den gleichen Jahren 1925—1927 hat die deutsche Meteor-Expedition ebenfalls im südatlantischen Ozean gearbeitet, doch anders als das Discovery-Unternehmen. Dieses ging in die Antarktis hinein, und damit bis zu den Quellen jeder hydrologischen und biologischen Entwicklung der Ozeane. Der Meteor kam bis zur äußeren Grenze der Antarktis bei Deception-Eiland der Süd-Shetlands und führte daher seine Untersuchungen weiter nach Norden, bis über den Äquator hinaus. Der Meteor arbeitete in ausgesuchten Schnitten und Tiefen, während sich die Discovery bei der Verteilung ihrer Stationen von ihren Befunden des Tierlebens im Ozean leiten ließ und diese mit Forschungen auf Landstationen umgab und sicherte. Der Meteor hatte das Hauptziel, die ozeanischen Wasserbewegungen statistisch festzulegen und daraus ihre Dynamik abzuleiten. Die Discovery verfolgte die Dynamik in der Lebewelt von ihren größten bis zu den kleinsten Formen hin, wie sie ja alle irgendwie von den Wasserumsätzen abhängig bleiben. Die Discovery arbeitete mehr biologisch und mit der Dynamik des Ozeans; der Meteor wollte diese, soweit dann die Prämissen reichen, theoretisch erschließen. Somit können sich Theorie und Praxis in den Ergebnissen der beiden Expeditionen vortrefflich ergänzen. Die schönen vorläufigen Berichte des Meteor und der vorliegende erste Band des Discovery-Werkes bilden einen sehr verheißungsvollen Anfang dafür.

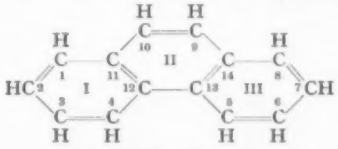
Alkaloide und Kohlensäureassimilation[1].

Zur Biogenese des Morphins.

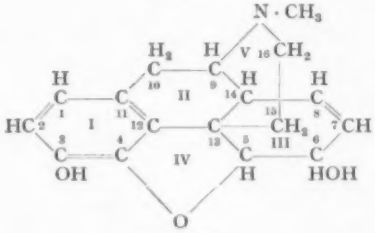
Von HERMANN EMDE, Basel.

Kürzlich habe ich in dieser Zeitschrift (1) am Beispiele einiger Alkaloide auseinandergesetzt, wie man aus den Konstitutionsformeln biogener Kohlenstoffderivate biogenetische Beziehungen ablesen kann. Ich habe daraufhin von zahlreichen biochemisch Interessierten, meist mir leider persönlich Unbekannten, zustimmende Zuschriften und die Aufforderung zu weiterem Ausbau des Grundgedankens erhalten, besonders aus U. S. Amerika. Ich möchte daher an dieser Stelle den Faden etwas weiter spinnen.

Unter den Alkaloiden, die ich damals anführte, fehlte das am längsten bekannte und für die gemäßigte Zone wichtigste, das *Morphin*, $C_{17}H_{19}O_3N$. Seine Konstitutionsformel ist, nach Feststellung der funktionellen Gruppen, aus der Entdeckung von VONGERICHTEN (2), daß die Morphinalkaloide (Morphin, Codein, Thebain) zu Derivaten des Phenanthrens abgebaut werden können, in berühmten Arbeiten durch KNORR, PSCHORR, WIELAND, SCHÖPF u. a. entwickelt worden. Die letzte Unsicherheit in der Konstitutionsformel des Morphins hat 1925 ROBINSON (3) beseitigt. Die chemische Synthese ist, trotz gegenteiliger Behauptungen einer Apparatebaufirma (!), noch im weiten Felde.



(I). Phenanthren.



(II). Morphin.

Es hat sich historisch entwickelt, die Formel des *Morphins* (II) ähnlich der des *Phenanthrens* (I) zu schreiben, und auch die übliche (4) Bezifferung der C-Atome im Morphinskelett ist der beim Phenanthren gebräuchlichen nachgebildet.

Morphin dreht in Lösungen die Ebene des polarisierten Lichtes nach links. Dieses molekulare Drehungsvermögen ist die Resultante der Drehungen der fünf im Morphinmolekül enthaltenen asymmetrischen Kohlenstoffatome 6, 5, 13, 14 und 9; es fällt auf, daß sie alle unmittelbar und unverzweigt miteinander verbunden sind.

Soeben (5) habe ich auf experimenteller Grundlage abgeleitet, daß drei von diesen fünf C-Atomen links drehen und zwei rechts, nämlich so:

$$(-)\,C_6,\ (-)\,C_5,\ (+)\,C_{13},\ (+)\,C_{14},\ (-)\,C_9,$$

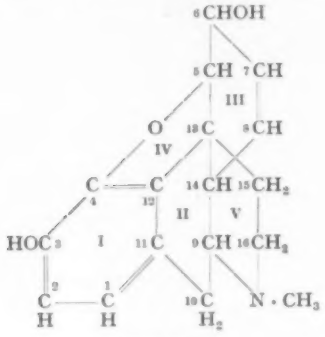
und daß die fünf Ringe I—V des Morphinmoleküls in zwei Ebenen liegen, die sich in der „Stereo-Achse" 5, 13, 14, 9 schneiden; die Ringe I, II, III und IV liegen in ein und derselben Ebene, während der Ring V einer anderen Ebene angehört.

Um diese stereochemischen Verhältnisse veranschaulichen zu können, benutze ich ROBINSONS Morphinformel in anderer Schreibweise (III), behalte aber die herkömmliche Bezifferung bei.

Diese Formel (III) ist strukturell identisch mit Formel (II), aber ihre Schreibweise gewährt nicht nur bessere Einblicke in die sterischen Verhältnisse des Morphinmoleküls, sondern läßt auch biogenetische Beziehungen zu den Kohlehydraten er-

[1] S. a. Naturwiss. **17**, 699 (1929).

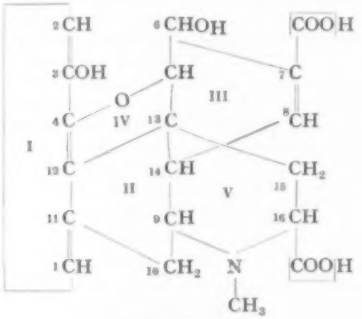
kennen: Ähnlich einem Trisaccharid leitet sich das Morphinmolekül von drei Molekülen Hexose ab. Das eine Molekül Hexose präsentiert sich in Form



(III). Morphin.

des aromatischen Ringes I mit den sechs C-Atomen 1, 2, 3, 4, 12 und 11; das zweite in der verlängerten „Stereo-Achse" mit den sechs C-Atomen 6, 5, 13, 14, 9 und 10. Das dritte Molekül Hexose ist nicht mehr vollständig. Es ist noch kenntlich an seinen verbliebenen zwei C_2-Resten, nämlich an den C-Atomen 7, 8 des Ringes III und 15, 16 des Ringes V.

Nun habe ich vor einiger Zeit (6) für die Biogenese des roten Blutfarbstoffes im Knochenmark der Wirbeltiere entwickelt, daß als letzte Stufe der Biosynthese die Decarboxylierung einer Vorstufe, des Vor-Hämins, zum eigentlichen Hämin angenommen werden kann. Analog kann man für die letzte Stufe der Biosynthese des Morphins in der Pflanze die Decarboxylierung einer carboxyl-

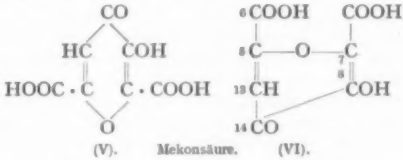


(IV). Vor-Morphin.

haltigen Vorstufe, eines Vor-Morphins, annehmen. Der leitende Gedanke dabei ist derjenige der Entropie, wie ich später in anderem Zusammenhange erörtern möchte. Die Ergänzung des Morphinmoleküls zur hypothetischen Vorstufe, dem *Vor-Morphin*, wird man so zu denken haben, daß jeweils die Carboxylgruppen in eine labile Lage (also z. B. α, β-Stellung einer Lückenbindung zur Carboxylgruppe) zu stehen kommen, mithin beim Ring III in Formel (III) an C-Atom 7 oder 8, bei Ring V an 16. Denn nicht nur die C : C-Doppelbindung, sondern auch die einfache C · N-Bindung ist eine Lückenbindung mit Partialvalenzen.

Schreibt man in diesem *Vor-Morphin* gemäß Formel (IV) dann außerdem noch den aromatischen Ring I gleichfalls nach Art einer Hexose, so wird der trisaccharidähnliche Bau des Morphinmoleküls ganz klar; die beiden unbezifferten hypothetischen Carboxylgruppen sind so eingebaut, daß sie durch Decarboxylierung leicht gegen Wasserstoff ausgetauscht werden können. Diese Labilität soll durch die rechteckigen Klammern angedeutet sein, welche die COO-Gruppen einfassen.

Man kann noch weiter gehen. Die Opiumalkaloide sind im Milchsaft von Papaver somniferum — der an der Luft eingetrocknete Milchsaft ist bekanntlich das Opium — teils frei, teils an Schwefelsäure, Milchsäure und Mekonsäure gebunden. *Mekonsäure* ist eine dem Opium (Meconium) eigentümliche Oxypyrondicarbonsäure der Formel (V):



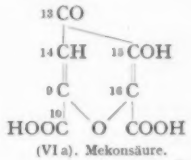
(V). Mekonsäure. (VI).

Der Äthersauerstoff der Mekonsäure erinnert an den Äthersauerstoff zwischen C_4 und C_5 bei den Morphinalkaloiden, jedoch ist es bisher nicht gelungen, die Mekonsäure in biochemische Beziehungen zu den Opiumalkaloiden zu bringen (8). Aber denkt man sich im Vor-Morphin, Formel (IV), die Sauerstoffbrücke nicht zwischen 5 und 4, sondern zwischen 5 und 7 gespannt, wogegen dann die 6, 7-Bindung wegfällt, so erhält man durch Schreibweise (VI) für Mekonsäure die bisher vergebens gesuchte biochemische Beziehung zwischen Mekonsäure und Opiumalkaloiden: die Formeln (V) und (VI) für Mekonsäure sind strukturell identisch, nur ist (VI) analog dem Ringe III in den Formeln (III) und (IV) für Morphin- und Vor-Morphin geschrieben, und die C-Atome sind korrespondierend beziffert. In diesem Sinne besteht eine biochemische Beziehung zwischen Mekonsäure und dem Ring III der Opiumalkaloide; Mekonsäure ist möglicherweise geradezu ein Oxydations- oder Disproportionierungsprodukt gegenüber diesem Teile des Alkaloidmoleküls.

Aber es besteht noch eine zweite Möglichkeit für die biochemische Beziehung zwischen Mekonsäure und Morphinalkaloiden. In der bereits zitierten Abhandlung (6) über den Blutfarbstoff schrieb ich: „Man kann dem lebenden Organismus die Fähigkeit zutrauen, dort, wo er eine Disaccharidbindung erzeugt, auch eine Stickstoffbindung zu schließen, also im Endergebnis einen Äthersauer-

stoff gegen einen cyclisch gebundenen Stickstoff auszutauschen":

Das gilt aber auch umgekehrt. Denkt man sich demgemäß im Vor-Morphin (IV) die Methylamingruppe zwischen 9 und 16 durch Äthersauerstoff ersetzt, so gibt Formel (VIa) für Mekonsäure die zweite Möglichkeit wieder, also Beziehung zum Ring V:



(VI a). Mekonsäure.

Die C-Atome sind wieder korrespondierend beziffert.

Welche von den beiden Möglichkeiten für die biochemische Beziehung zwischen Mekonsäure und Morphinalkaloiden man auch bevorzugen mag, jedenfalls gilt folgende Überlegung: Außer in Papaver somniferum sind Mekonsäure oder Morphin bisher nirgends als Produkte der Biosynthese aufgefunden worden. Die Vergesellschaftung von Mekonsäure und Morphin in der Pflanze sind ein Indizienbeweis für die Existenz eines carboxylhaltigen Vor-Morphins im Sinne von Formel (IV) als Zwischenstufe bei der Biosynthese des Morphins.

Indizienbeweise sind unsicher, solange sie sich nicht häufen. Es sei der Fall gesetzt, daß man diesen hier gelten läßt. Dann kann man weiter rekonstruieren. Dabei sieht man zweckmäßig von der N-Methylgruppe des Morphins ab, im Hinblick auf die bekannte N-Methylierung mit Formaldehyd (7). Die dreimal sechs C-Atome, also die drei Hexose-Skelette, die sich in Formel (IV) des Vor-Morphins deutlich abheben, waren jedes Kohlensäure CO_2, als sie in den Organismus der lebenden Mohnpflanze eintraten. Gleich darauf waren sie zu je 6 zu drei Molekülen Glucose geordnet (Kohlensäureassimilation), gleichgültig, ob der Weg von der Kohlensäure zur Glucose über Formaldehyd führt oder nicht. Was aber dann mit den 18 C-Atomen geschah, bis sie sich zu einem Molekül Vor-Morphin (IV) zusammenfügten, oder mit denjenigen 16 von den 18, die das Kohlenstoffskelett des Morphinmoleküls (II) und (III) bilden, wissen wir nicht. Nur eines scheint sicher: Die Kohlenstoffbindungen im Skelett des Morphinmoleküls, sowohl die einfachen wie die doppelten, sind durch Abspaltung von Wasser, H—OH, also durch Dehydratisierung, entstanden, wie bei allen Biomolekülen. Die Bruttogleichungen für die Biosynthese von Morphin aus drei Mol. Hexose und 1 Mol. Methylamin lauten ja:

1. $3\,\underset{\text{Hexose}}{C_6H_{12}O_6} + \underset{\text{Methylamin}}{CH_3NH_2} \rightarrow C_{19}H_{39}O_{17}N + H_2O,$

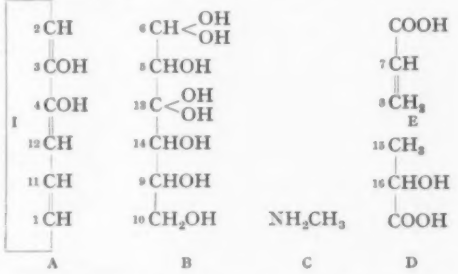
2. $C_{19}H_{39}O_{17}N \rightarrow \underset{\text{Morphin}}{C_{17}O_{18}O_3N} + 2\,CO_2 + 10\,H_2O$

und zeigen, daß diese Synthese ohne äußere Oxydation oder Reduktion verläuft, global betrachtet.

Also kann man Zwischenstufen der Morphin-Biosynthese rekonstruieren, wenn man sich die C · C-Bindungen im Morphin durch Hydratisierung, also durch Einlagerung von Wasser, gelöst denkt.

Das ist bei der Kompliziertheit des Morphinmoleküls durchaus kein eindeutiger Weg. Aber ich möchte trotzdem eine der Möglichkeiten etwas weiter ausführen, um zu zeigen, ob derartige Rekonstruktionen überhaupt einen Sinn haben können.

Man denke sich im Vor-Morphin (IV) zunächst nur diejenigen Bindungen durch Wassereinlagerung gelöst, welche das mittlere Hexoseskelett, also die verlängerte „Stereo-Achse", mit den beiden anderen verknüpfen, etwa so:



A ist *Brenzkatechin* $C_6H_6O_2$, B ist die Hydratform $C_6H_{14}O_6$ einer Ketoaldose, deren Carbonylform lautet:

$$\overset{6}{CHO} \cdot \overset{5}{CHOH} \cdot \overset{13}{CO} \cdot \overset{14}{CHOH} \cdot \overset{9}{CHOH} \cdot \overset{10}{CH_2OH}\,.$$

Ich fasse sie als *am-Zucker* auf und vermute, daß A und B biogen durch Mehrfachdismutation (Cannizzaroreaktion) nach:

$$2\,C_6H_{12}O_6 - 2\,H_2O \rightarrow C_6H_6O_2 + C_6H_{14}O_6$$

in gekoppelter Reaktion aus 2 Mol. Hexose entstehen[1]. C ist *Methylamin*. D ist *Milchsäure*, E ist die dehydratisierte Form der Milchsäure, also sind D und E biogenetisch als *Methylglyoxal* anzusprechen; 2 Mol. Methylglyoxal sind bekanntlich die beiden ersten biogenen Bruchstücke eines Moleküls Hexose.

Denkt man sich ferner in A, dem Brenzkatechin, zunächst nur die C : C-Doppelbindungen durch

[1] Von hier aus gewinnt man Verständnis für die Rolle der *Desoxyzucker* im biochemischen Geschehen und für die merkwürdige Eigentümlichkeit vieler Biomoleküle, aus einem aromatischen und einem sehr ähnlichen alicyclischen Teile zu bestehen; Beispiele aus den Alkaloiden: *Nicotin* mit Pyridin- und Pyrolidin-Kern, *Chinin* mit Chinolin- und Chinuclidin-Kern, *Cocain* mit Ekgonin und Benzoesäure.

Hydratisierung gelöst, so erhält man folgenden Ringzucker:

$$\overset{2}{\mathrm{CHOH}}\cdot\overset{3}{\mathrm{CHOH}}\cdot\overset{4}{\mathrm{CHOH}}\cdot\overset{10}{\mathrm{CHOH}}\cdot\overset{11}{\mathrm{CH_2}}\cdot\overset{1}{\mathrm{CHOH}},$$

und wird endlich in diesem die C · C-Bindung 11, 1 gleichfalls durch Einlagerung von Wasser gelöst, so entsteht eine *Methylpentose:*

$$\overset{1}{\mathrm{COH}}\cdot\overset{2}{\mathrm{CHOH}}\cdot\overset{3}{\mathrm{CHOH}}\cdot\overset{4}{\mathrm{CHOH}}\cdot\overset{12}{\mathrm{CHOH}}\cdot\overset{11}{\mathrm{CH_3}}.$$

Damit ist das Morphinmolekül auf lauter bekannte und häufige Biostoffe zurückgeführt, die der Kohlensäureassimilation näher stehen als Morphin selbst, und man erhält einen Hinweis, welche Bausteine etwa die Biosynthese benutzt haben könnte.

Die Bruttogleichungen 1. und 2., siehe oben, bekommen damit einen tieferen Sinn.

Betrachtet man so rekonstruktiv die ganze Gruppe der Phenanthren- und der übrigen Isochinolin-Alkaloide, so ergeben sich interessante Beziehungen. Darauf synoptisch einzugehen, fehlt hier leider der Raum.

Gewiß, das ist alles einstweilen noch Papierchemie. Aber es gibt zu denken, daß Opium viel Zucker enthält, von dem bis jetzt nur die Glucose identifiziert wurde, und ganz regelmäßig reichlich Milchsäure, durchschnittlich 4,6% (9) bei durchschnittlich 14% Morphinalkaloiden. Mehr noch gibt es zu denken, daß überhaupt eine Rekonstruktion von plausiblen Zwischenprodukten der Biosynthese auf eine so einfache und durchsichtige Weise möglich ist, die den Bedingungen der Biosynthese völlig Rechnung trägt.

In ähnlicher Weise habe ich inzwischen nicht nur die Alkaloide, sondern alle Naturstoffe bekannter Konstitution durchgearbeitet, die in den bekannten Lehrbüchern mittleren Umfanges aufgeführt zu werden pflegen, aber Alkaloide und ätherische Öle nach ausführlichen Spezialwerken. Ich bin dabei nur auf ganz wenige Naturstoffe gestoßen, bei denen nicht ähnliche Rekonstruktionen auf biochemisch möglichem, ja wahrscheinlichem Wege zu Kohlehydraten und deren biogenen Bruchstücken geführt hätten. Besonders in der Gruppe der ätherischen Öle gibt es eine Fülle ähnlich instruktiver Beispiele wie das vorhin besprochene des Morphins, und sehr interessante Zusammenhänge.

Nehme ich das unerwartete Echo hinzu, das die erste Mitteilung gefunden hat, so darf ich hoffen, daß Überlegungen ähnlicher Art ein wenig dazu beitragen werden, weiter vorzudringen auf dem fesselnden Gebiete der „organischen Chemie unter biologischen Bedingungen"; die rekonstruktive Methode muß sich mit der experimentellen so begegnen, wie die beiden Werkgruppen bei einem geglückten Tunneldurchstich. —

Herrn Prof. Dr. K. ŚPIRO danke ich herzlich für fördernde Kritik.

Literatur:

1. Naturwiss. **17**, 699 (1929). — 2. VONGERICHTEN u. SCHRÖTTER, Liebigs Ann. **210**, 396 (1881) — Ber. dtsch. chem. Ges. **15**, 1487, 2179 (1882). — VONGERICHTEN, Ber. dtsch. chem. Ges. **30**, 2439 (1897); **31**, 3198 (1898); **33**, 332, 1824 (1900); **34**, 2722 (1901) — vgl. PSCHORR u. SUMULEANU, Ber. dtsch. chem. Ges. **33**, 1810 (1900). — 3. GULLAND u. ROBINSON, Soc. **123**, 980 (1923) — Mem. Manchester Phil. Soc. **69**, Nr 10 (1925) — vgl. SCHÖPF, Liebigs Ann. **452**, 211 (1927) und (mit BORKOWSKY) **458**, 148 (1927). — 4. KNORR u. HÖRLEIN, Ber. dtsch. chem. Ges. **40**, 3341 (1907), Anm. 2. — 5. Die Abhandlung erscheint demnächst in den Helvet. chim. Acta . — 6. Pharm. Acta Helvet. **4**, 126 (1929). — 7. Zusammenfassung: Apoth.-Ztg **44**, Nr 73 (1929). — 8. CZAPEK, Biochemie der Pflanzen **3**, 355. Jena 1925. — 9. TSCHIRCH, Handbuch der Pharmakognosie **3**, 637. Leipzig 1923.

Das mechanische Prinzip der Erosion.

Von RUDOLF WEDEKIND und HEINRICH JUNG, Marburg a/L.

Unter Erosion im weiteren Sinne soll jeder durch exogene geologische Kräfte hervorgerufene Vorgang an der Erdoberfläche verstanden werden, der mit einem *Ortswechsel* des Gesteinsmaterials verbunden ist. Bisher hat man im allgemeinen nur solche Vorgänge als Erosion bezeichnet, bei welchen Gesteinsteile durch Stoß, Druck oder Reibung vom anstehenden Gestein losgelöst werden. Sollen aber auch Vorgänge wie die Abspülung von Gehängen und die Unterspülung — die man, obwohl hierbei lediglich Transport des Materials ohne Loslösung aus dem Gesteinsverband in Frage kommt, gefühlsmäßig unter die Erosion rechnet — mit erfaßt werden, so ist obige weite Fassung des Begriffes der Erosion durchaus notwendig. Es wird sich hierbei zeigen, daß dann auch weitere Vorgänge, die man bisher nicht zur Erosion gerechnet hat, wie Bergrutsch, Steinschlag und Solifluktion, auch als Erosionserscheinungen anzusehen sind, da sie, wie im folgenden eingehend auseinandergesetzt wird, sich dem allgemeinen mechanischen Prinzip der Erosion zwanglos unterordnen.

Zum Unterschied gegenüber den Erosionserscheinungen, die lediglich mit Materialtransport verbunden sind, seien unter *Erosion im engeren Sinne* diejenigen verstanden, bei welchen durch Stoß, Druck oder Reibung Teile des anstehenden Gesteins aus ihrem Verband gelöst werden.

Nach der oben gegebenen Definition ist mit dem Begriff der Erosion vor allem das transportierte Gesteinsmaterial verbunden, welches der Einfachheit halber in den folgenden Betrachtungen durchgängig als „Gleitmaterial" bezeichnet werden soll, auch wenn mit der Bewegung ein eigentliches Gleiten nicht verknüpft ist. Dieses Gleitmaterial wird zum Teil von der der Erosion vorausgehenden Verwitterung zur Verfügung gestellt, teilweise aber bei Erosion im engeren Sinne durch diese selbst geschaffen. Daß auch beim bloßen Transport des Gesteinsmaterials die einzelnen Geröllteilchen durch gegenseitige Reibung weiter verkleinert werden

können, ist eine selbstverständliche Erscheinung, die jedoch nur sekundäre Bedeutung hat. Der Transport des Gleitmaterials kann im wesentlichen auf zweierlei Weise vor sich gehen: Entweder bewegt sich das Gleitmaterial längs einer Gleitbahn — dies ist der wichtigste Fall — oder es wird als Suspension in einem Transportmittel mitgeführt. Eine dritte Möglichkeit, der freie Fall von Geröllstücken an überhängenden Steilkanten, kommt im Verhältnis zu den übrigen Erosionsarten so selten vor, daß sie in den folgenden Betrachtungen unberücksichtigt bleiben kann. Im Falle des Gleitens längs einer Gleitbahn kann auch ein Transportmittel wirksam sein, durch welches das Gleitmaterial indirekt bewegt wird. Es ist dies aber nicht notwendig.

Jede Bewegung wird von gewissen Kräften hervorgerufen. Diese können in unserem Falle direkt am Gleitmaterial angreifen oder indirekt zunächst das Transportmittel bewegen, welches dann seinerseits das Geröllmaterial mit sich führt. Zu den direkt auf das Gleitmaterial wirkenden Kräften gehört in vielen Fällen die Schwerkraft, jedoch können auch andere Kräfte wirksam sein. Diese indirekten Transportkräfte sind je nach Art des Transportmittels sehr verschieden. Besteht dieses aus Flußwasser oder Gletschereis, so ist wiederum die Schwerkraft als wichtigste Transportkraft zu nennen. Bei der Winderosion hingegen sind es ganz andere Kräfte, meteorologischer Art, deren Ursprung im wesentlichen in der in die Erdatmosphäre eingestrahlten Sonnenenergie zu suchen ist. Bei der Brandung spielt die kinetische Energie des Windes (also wieder die atmosphärischen Kräfte) bzw. die kinetische Energie der Gezeiten (d. h. also die Gravitation des Mondes und der Sonne) eine wesentliche Rolle.

Mit diesen Bemerkungen ist das Hauptsächlichste über die allgemeine Erosion gesagt. Es ist nun noch auf die Erosion im engeren Sinne einzugehen, d. h. auf diejenigen Erosionsvorgänge, die mit einer Abtrennung von Stücken des anstehenden Gesteins verbunden sind. Eine solche Loslösung kann geschehen durch raschen Stoß, durch langsam wirkenden Druck oder durch Reibung. Alle drei Arten kommen in der Natur vor. In jedem Falle ist es notwendig, daß das Gleitmaterial, durch welches das anstehende Gestein zerstört wird, mittels gewisser Druck- oder Stoßkräfte an das feste Gestein der Gleitbahn gepreßt wird. Sonst wäre weder Stoß noch Druck noch Reibung möglich. Diese Kräfte werden auch hier in den meisten Fällen durch die Schwerkraft dargestellt, jedoch ist diese häufig nicht allein wirksam, da auch die Druckwirkung des bewegten Transportmittels wesentlich an diesen Vorgängen beteiligt sein kann.

Eine gewisse Komplikation tritt im Falle der Reibung ein. Während bei Stoß und einfachem Druck das Ergebnis stets eine Zerstörung des anstehenden Gesteins ist, sobald der wirkende Stoß oder Druck eine ausreichende Größe besitzt, kann durch Reibung die Zerstörung des anstehenden Gesteins sowohl begünstigt (ja überhaupt erst ermöglicht) als auch verhindert werden. Eine gewisse Größe muß die Reibung zweifellos haben, wenn die Gleitbahn abgeschliffen werden soll. Jedoch darf diese Reibung nicht zu groß sein, da sonst das Gleitmaterial von den Transportkräften nicht mehr bewegt werden kann und somit ein Abschleifen des Gesteins nicht mehr möglich ist. Die Größe der Reibung wird im wesentlichen durch zwei Faktoren bestimmt: einmal durch den sogenannten Reibungskoeffizienten, der die gegenseitige Beeinflussung der bloßen Materialien aufeinander zahlenmäßig festlegt, zweitens durch den Druck, mit welchem das Gleitmaterial auf die Gleitbahn gepreßt wird. Je größer der Reibungskoeffizient und dieser Druck sind, um so größer ist auch die Reibung. — Ist in der Technik irgendwo eine Reibung zu groß, so verringert man sie durch ein Schmiermittel, durch welches der Reibungskoeffizient der in Betracht kommenden Materialien verkleinert wird. Es ist nun höchst interessant, daß es auch in der Natur bei der Reibungserosion solche reibungsverringernden Schmiermittel gibt. Diese verkleinern aber nicht nur den Reibungskoeffizienten, sondern unter Umständen auch den Druck, mit welchem das Gleitmaterial auf die Gleitbahn gepreßt wird. Ein schönes Beispiel hierfür bietet die Flußerosion. Schmiermittel ist das Wasser. Es erniedrigt zunächst den Reibungskoeffizienten der Bodengerölle mit dem Boden des Flußbettes, da feuchte Steine leichter aneinander gleiten als trockene. Andererseits wird aber durch das Wasser nach dem archimedischen Prinzip auch das Gewicht der Gerölle vermindert, was eine Verkleinerung des Reibungsdruckes zur Folge hat. Die Wirkung des Schmiermittels ist im Falle der Erosion im Gegensatz zur menschlichen Technik keinem Zweck untergeordnet. Wo in der Natur ein solches Schmiermittel vorhanden ist, wirkt es in jedem Falle reibungsvermindernd, gleichgültig, ob hierdurch die abschleifende Erosionswirkung verkleinert oder vergrößert wird. — In den meisten Fällen ist das Transportmittel, wenn ein solches vorhanden ist, mit dem erwähnten Schmiermittel identisch.

Nach diesen allgemeinen Erörterungen über das den Erosionsvorgängen im weiteren und engeren Sinne zugrunde liegende mechanische Prinzip ist es angebracht, die wichtigsten Arten der Erosion im Hinblick auf ihre mechanischen Grundlagen kurz zu skizzieren. Hierfür kommen hauptsächlich in Betracht Bergrutsch, Steinschlag, Solifluktion, Abspülung und Unterspülung (Quellerosion), Flußerosion, Gletschererosion, Deflation und Erosion des Windes und Brandungserosion. Diese sollen nun einzeln erläutert werden.

Beim *Bergrutsch* ist die Gleitfläche eine Schichtfläche und das Gleitmaterial das über dieser Fläche gelegene hangende Gestein. Die bewegende

Kraft ist die Schwerkraft. Ein Transportmittel ist nicht vorhanden. Erosion im engeren Sinne kann auftreten, da das rutschende Material durch Reibung die Gleitfläche abschleift. Die Kraft, die das Gleitmaterial auf die Gleitfläche preßt, ist die Schwerkraft. Als Schmiermittel kommt Wasser in Frage, welches sich in geringer Menge auf der Gleitfläche befindet und durch Erniedrigung des Reibungskoeffizienten wirkt.

Der *Steinschlag* ist auch zu den Erosionsvorgängen zu zählen. Gleitfläche ist die natürliche Bergoberfläche, die in diesem Falle meist sehr steil gestellt ist, Gleitmaterial das von der Verwitterung zur Verfügung gestellte Geröll, treibende Kraft die Schwerkraft, welche direkt am Gleitmaterial angreift. Erosion im engeren Sinne wird ausgeübt durch Reibung oder Stoß, wobei im ersten Falle die Schwerkraft das Geröll auf die Gleitfläche drückt, während im zweiten Falle die kinetische Energie des Gleitmaterials die Stoßwirkung verursacht. Transportmittel und Schmiermittel sind nicht vorhanden. Das Ergebnis der Steinschlagerosion sind die Steinschlagrinnen.

An flachen, mit Gesteinsschutt und Humuserde bedeckten Hängen tritt statt Steinschlag *Solifluktion* (*Bodengekriech*) ein. Diese unterscheidet sich in mechanischer Hinsicht vom Steinschlag im wesentlichen nur durch das Gleitmaterial, welches hier vom Gehängeschutt dargestellt wird. Die treibenden Kräfte sind dieselben wie beim Steinschlag. Bei der Erosion im engeren Sinne ist keine Stoßwirkung möglich wegen der äußerst langsamen Bewegung. Hier werden aus der Gesteinsoberfläche herausragende Felsen durch lange andauernden Druck abgebrochen. Statt der beim Steinschlag wirkenden kinetischen Energie des Gleitmaterials ist hier die Druckwirkung des von der Schwerkraft bewegten Gehängeschuttes auf das sich diesem in den Weg stellende Hindernis maßgebend. Das Ergebnis des Bodengekriechs ist eine langsame Zertrümmerung des anstehenden Gesteins durch Ablösung einzelner Blöcke, die mit dem Gehängeschutt zu Tal befördert werden.

Die *Abspülung* (*Ablation*) und die *Unterspülung* (*Quellerosion*) ordnen sich einem gemeinsamen mechanischen Prinzip unter. Gleitfläche ist die von Rinnsalen durchzogene Oberfläche in lockerem, wasserundurchlässigem Gestein, Gleitmaterial ein Teil dieses Gesteinsmaterials selbst. Als Transportkraft tritt wiederum die Schwerkraft auf, welche einerseits direkt am Gleitmaterial angreift, andererseits das hier aus Regen- bzw. Quellwasser bestehende Transportmittel bewegt. Eine Erosion im engeren Sinne findet nicht statt, da in dem lockeren Gestein der Gleitfläche kein anstehendes Material losgerissen zu werden braucht. Es handelt sich also lediglich um Materialtransport. Das Ergebnis der Abspülung ist die Abtragung des Gehängeschuttes, das der Unterspülung nach Einbruch der unterspülten hangenden, wasserdurchlässigen Gesteine die Bildung von Steilkanten (Denudationskanten).

Bei der *Flußerosion* lassen sich die oben eingehend behandelten mechanischen Prinzipien am besten übersehen. Gleitfläche ist der Boden bzw. die Wand des Flußbettes, Gleitmaterial der aus Geröllen bestehende Bodensatz und die Suspensionen im Flußwasser, welches selbst in hervorragendem Maße als Transportmittel am Erosionsvorgang beteiligt ist. Als Transportkraft kommt wieder die Schwerkraft in Betracht. Sie wirkt direkt und indirekt auf das Gleitmaterial, letzteres durch Bewegung des Transportmittels. Erosion im engeren Sinne geschieht durch Reibung und Stoß. In beiden Fällen wird das Gleitmaterial durch die Schwerkraft und den Druck des strömenden Wassers an die Gleitfläche gepreßt bzw. auf hervorspringende Stücke des anstehenden Gesteins gestoßen (im ersten Falle kommt der Schwerkraft, im zweiten dem Wasserdruck die Hauptwirkung zu). Das Wasser tritt außerdem bei der Reibungserosion als Schmiermittel auf, indem es sowohl den Reibungskoeffizienten zwischen Gleitmaterial und Gleitfläche erniedrigt als auch nach dem archimedischen Prinzip das Gewicht der Bodengerölle vermindert und so den Reibungsdruck herabsetzt. Das Ergebnis der Flußerosion ist die Talbildung.

Die *Gletschererosion* unterscheidet sich von der Flußerosion durch das Transportmittel, welches hier vom Gletschereis dargestellt wird. Da dieses sich ungleich langsamer bewegt als das Flußwasser, ergeben sich im Hinblick auf das mechanische Prinzip der Erosion gewisse Unterschiede gegenüber der Erosion des Flusses. So hat beispielsweise die Schwerkraft als direkt am Gleitmaterial angreifende Transportkraft keine wesentliche Bedeutung. Sie wirkt lediglich indirekt durch das Transportmittel, dessen Bewegung an sich auch nicht so einfach ist wie die des Flußwassers. Das Gletschereis bewegt sich nämlich stellenweise der Schwerkraft entgegen. Hier treten als Transportkräfte ergänzend gewisse Schubkräfte auf, die sich im Eis als festem Körper ausbilden und im flüssigen Wasser nicht vorhanden sind. Selbstverständlich wird die Bewegung des Eises im ganzen lediglich durch die Schwerkraft verursacht. Die Reibungserosion ist im Prinzip dieselbe wie beim Fluß, während statt der Stoßerosion hier eine Ablösung der im Wege stehenden Felsen durch Druck erfolgt. Ein Schmiermittel ist bei der Gletschererosion nicht vorhanden, da das Eis nicht als Schmiermittel wirken kann. Höchstens Schmelzwässer kommen bedingt in Frage. Im Gegensatz zur Flußerosion kann beim Gletscher das Eis selbst die Rolle des Gleitmaterials übernehmen. Hierbei wirkt die Erosion im engeren Sinne kaum durch Reibung, da die Reibungswärme das Eis schmilzt und somit ein Abschleifen der Gleitfläche unmöglich macht. Hingegen ist ein Abbrechen herausragender Felsen durch den Schubdruck des Gletschers sehr häufig. Ein genaueres Eingehen auf diese Vorgänge erübrigt sich, da die auftretenden Verhältnisse leicht zu übersehen sind. Das Ergebnis

der Gletschererosion ist die bekannte Ausgestaltung der Gletschertäler. Daß der Gletscher keine neuen Täler schafft, dürfte angesichts der langsamen Bewegung des Eises und der Tatsache, daß das Eis selbst durch Reibung nicht erodieren kann, nahezu selbstverständlich sein. Der Gletscher beschränkt sich lediglich darauf, in einem schon vorhandenen Tal die Unebenheiten wegzupolieren.

Die *Deflation des Windes* entspricht in den wesentlichen Zügen der oben erwähnten Abspülung. Es werden Lockerprodukte längs einer ebenfalls lockeren Sandoberfläche durch den Wind bewegt, in gleicher Weise wie bei der Ablation durch das Wasser. Da die Gleitfläche im allgemeinen horizontal liegt, kommt hier die Schwerkraft als Transportkraft nur in den seltensten Fällen in Frage. Die Transportkräfte sind abzuleiten aus den Luftdruckunterschieden in der Atmosphäre, welche im wesentlichen durch die auf die Erde gestrahlte Sonnenenergie verursacht werden. Sie wirken indirekt durch den Wind auf das Gleitmaterial. Da es sich bei der Deflation lediglich um einen Transport von Lockermaterialien handelt, gibt es keine Erosion im engeren Sinne. Das Ergebnis ist eine Ausblasung des Feinstaubs, während die größeren Lockerprodukte liegen bleiben.

Die eigentliche *Winderosion* entspricht so genau der Flußerosion, daß hier wenige Worte genügen. Sie besteht im wesentlichen aus einer Gebläsewirkung an frei der Luft ausgesetzten Gesteinsflächen mit Hilfe der äolischen Suspensionen, ist also in hervorragendem Maße Erosion im engeren Sinne. Diese Gebläsewirkung besteht in Reibung oder Stoß. Die hierzu nötigen Druck- und Stoßkräfte stammen aus der kinetischen Energie des Windes. Ein Schmiermittel ist bei der Reibungserosion nicht vorhanden. Das Ergebnis der eigentlichen Winderosion besteht in den bekannten Korrosionsformen an freien, dem Wind ausgesetzten Gesteinsflächen.

Bei der *Brandungserosion*, welche in bezug auf das Gleitmaterial insofern der Gletschererosion vergleichbar ist, als die Brandungswelle selbst nicht nur Transportmittel, sondern auch Gleitmaterial sein kann (wie beim Gletscher das Eis), stammen die Transportkräfte aus der kinetischen Energie des Windes oder der Gezeiten und greifen an den Wellen an. Die Schwerkraft spielt als Transport-

	Gleitmittel	Gleitbahn	Direkte Transportkraft	Transportmittel (indirekte Tr.-Kr.)	Erosion im engeren Sinn wirkt durch	Druck- bzw. Stoßkraft	Schmiermittel	Wirkung des Schmiermittels
Bergrutsch	Gestein über der Gleitfläche	Schichtfläche	Schwerkraft	—	Reibung	Schwerkraft	Wasser in geringer Menge auf der Gleitfläche	Erniedrigung des Reibungskoeffizienten
Steinschlag	Geröll	Steile Bergoberfläche	Schwerkraft	—	Reibung / Stoß	Schwerkraft / Kinetische Energie des Gleitmaterials	—	—
Solifluktion	Gehängeschutt	Oberfläche des anstehenden Gesteins	Schwerkraft	—	Reibung / Druck	Schwerkraft / Druck im Gleitmaterial	—	—
Abspülung	Lockerprodukte	Oberfläche des Berges	Schwerkraft	Regenwasser (Schwerkraft)	*Keine Erosion im engeren Sinn!*			
Unterspülung	Lockerprodukte	Oberfläche des Berges	Schwerkraft	Quellwasser (Schwerkraft)	*Keine Erosion im engeren Sinn!*			
Flußerosion	Flußgerölle, Suspensionen	Boden und Wand des Flußbetts	Schwerkraft	Wasser (Schwerkraft)	Reibung / Stoß	Schwerkraft / Strömungsdruck des Wassers	Wasser	Erniedrigung des Reibungskoeffizienten und des Reibungsdruckes
Gletschererosion	1. Grundmoräne	Gletscherbett	—	Eis (Schwerkraft und Schubkräfte im Eis)	Reibung / Druck	Schwerkraft / Schubdruck des Eises	—	—
	2. Eis		Schwerkraft und Schubkräfte im Eis	—	Druck	Schubdruck des Eises	—	—
Deflation des Windes	Lockerprodukte	Oberfläche	—	Wind (atmosphärische Kräfte)	*Keine Erosion im engeren Sinn!*			
Eigentliche Winderosion	Äolische Suspensionen	Freie Gesteinsfläche	—	Wind (atmosphärische Kräfte)	Reibung / Stoß	Kinetische Energie des Windes	—	—
Brandungserosion	1. Strandgeröll	Strandfläche	—	Brandungswellen (Wind- und Gezeitenkräfte)	Reibung / Stoß	Schwerkraft / Kinetische Energie der Brandung	Wasser	Erniedrigung des Reibungskoeffizienten und des Reibungsdruckes
	2. Wasser		Wind- und Gezeitenkräfte	—	Stoß	Kinetische Energie der Brandung	—	—

kraft kaum eine Rolle. Ist die Brandungswelle Transportmittel, so besteht das Gleitmaterial aus den Strandgeröllen. Die Erosion im engeren Sinne wirkt durch Reibung oder Stoß in gleicher Weise wie bei der Flußerosion. Das Wasser übernimmt bei der Reibungserosion die Rolle des Schmiermittels und wirkt durch Erniedrigung sowohl des Reibungskoeffizienten wie des Reibungsdruckes (durch Verminderung des Gewichts der Gerölle). Ist die Brandungswelle selbst Gleitmaterial, so tritt nur Stoßerosion auf. Die Stoßkraft wird der kinetischen Energie der Welle entnommen. Ein Schmiermittel gibt es in diesem Falle nicht. Das Ergebnis der Brandungserosion ist die Abrasion der Kontinente.

Der besseren Übersicht halber seien in der vorstehenden Tabelle die wichtigsten Angaben bezüglich des mechanischen Prinzips, das den verschiedenen Erosionsarten zugrunde liegt, noch einmal systematisch zusammengestellt.

Salzpflanzen in Kleinasien.

Von K. KRAUSE, Berlin-Dahlem.

Salzpflanzen finden sich in Kleinasien in zwei recht verschieden gearteten Höhenstufen, einmal an der Küste in unmittelbarer Nähe des Meeres und abhängig von dessen Salzgehalt und dann in den Salzsteppen und Salzwüsten der abflußlosen Hochebenen des Inneren, in einer durchschnittlichen Höhe von 1000—1400 m. Es ist bezeichnend, daß die Pflanzen des Meeresstrandes und die der hochgelegenen zentralen Salzsteppen trotz mancher recht weitgehender, vor allem durch das Klima bedingter Unterschiede in ihren Lebensverhältnissen doch zum großen Teil die gleichen sind, also die starke, alle anderen Faktoren überwiegende Bindung an die Bodenbeschaffenheit ihres Standortes deutlich erkennen lassen.

Die halophile Strandflora nimmt in Kleinasien meist nur geringen Raum ein, schon deshalb, weil die Küste fast überall schroff und steil zum Meere abfällt und an ihren felsigen Hängen sowie auf den vorgelagerten Klippen außer Algen, Tangen und Flechten höchstens vereinzelte Blütenpflanzen trägt, hauptsächlich *Statice*-Arten oder *Crithmum maritimum*, *Euphorbia paralias* u. a., die hinter Vorsprüngen verborgen oder in Spalten versteckt wachsen und hier gegen die anbrandenden Wellen geschützt sind.

Manchmal handelt es sich bei diesen Gewächsen der felsigen Steilküste sogar weniger um Halophyten als um Xerophyten, für welche die besonders im Sommer recht große Trockenheit ihres Standortes von größerer Bedeutung ist als der Salzgehalt ihres Bodens. Nur an verschiedenen Fluß- und Bachmündungen, sowie im Hintergrunde einiger tiefer Buchten finden wir sandige Flachküste von größerer Ausdehnung und bisweilen auch niedrige flache Dünen mit reicherer Vegetation. Ich habe solche sandigen Strandstellen in verschiedenen Teilen Kleinasiens untersuchen können, einmal an der Nordküste bei Trapezunt, Kerasun und Samsun sowie in unmittelbarer Nähe des Bosporus, dann im Westen an mehreren Plätzen der Bucht von Smyrna sowie südlich davon im Mündungsgebiete des Mäander und ferner in einigen Buchten der alten karischen Küste bei Didyma (türkisch Jeronda), endlich im Süden bei Adalia und Mersina. Die Vegetation war vielfach die gleiche.

Von Pflanzen, die sowohl an der Nordküste wie im Westen und Süden vorkommen, seien genannt: *Juncus acutus*, *Salsola kali*, *Atriplex portulacoides*, *A. roseum*, *Polygonum maritimum*, *P. aviculare* var. *litorale*, *Cakile maritima*, *Medicago marina*, *Euphorbia peplis* und *E. paralias*, *Calystegia soldanella* und *Diotis candidissima*. An der mediterranen Süd- und Westküste treten auf: *Aeluropus litoralis*, *Salicornia fruticosa*, *Lotus halophilus*, *Frankenia pulverulenta*, *F. hirsuta*, *Thymelaea hirsuta*, *Orlaya maritima* und *Helichrysum stoechas*. An der Westküste sowie am Schwarzen Meer finden sich: *Scirpus maritimus*, *Pancratium maritimum*, *Crithmum maritimum*, *Suaeda maritima*, *Obione verrucifera*, *Spergularia marginata*, *Eryngium maritimum*, *Statice Gmelini* und *Scabiosa maritima*. Nur aus dem Westen sind mir bisher bekannt: *Sporobolus arenarius*, *Lagurus ovatus*, *Hordeum maritimum*, *Cutandia maritima*, *Juncus maritimus*, *Salicornia herbacea*, *Beta vulgaris* var. *maritima*, *Statice serotina*, *St. graeca* und *Anthemis peregrina*. Eine beschränktere Verbreitung scheinen *Silene euxina* im Nordosten und *Silene discolor* im Südwesten zu haben. Natürlich sind die obigen Angaben durchaus nicht endgültig, denn die kleinasiatische Strandflora ist ebenso wie die des Inneren in vielen Teilen noch völlig unbekannt, und vor allem wissen wir von der Südküste nur recht wenig. Es ist sehr wahrscheinlich, daß verschiedene oder vielleicht die meisten der bisher nur an der Westküste festgestellten Arten auch im Süden auftreten; besonders dürfte dies für einige Formen zutreffen, die außer von der kleinasiatischen Westküste auch noch von Cypern oder Syrien bekannt sind; ebenso könnten von den einstweilen nur im Norden und Westen aufgefundenen Spezies mehrere noch weiter südlich entdeckt werden, also längs der ganzen kleinasiatischen Küste vorkommen. Vor allem dürfte dies für einige an und für sich besonders weit verbreitete Formen gelten, wie *Suaeda maritima*, *Salicornia herbacea*, *Juncus maritimus* u. a., die nach unseren bisherigen Kenntnissen in Kleinasien eine mehr beschränkte Verbreitung zu besitzen scheinen.

Die Zone, wo es überhaupt zur Bildung einer halophilen Strandflora kommen kann, ist, wie schon gesagt, meist sehr schmal, denn gewöhnlich fällt die felsige Küste so schroff zum Meere ab, daß an ihren steilen, Wellen und Brandungsspritzern ausgesetzten Wänden höherer Pflanzen-

wuchs unmöglich ist. Häufig schieben sich dann die Macchie oder die ihre Kümmerform darstellende Phrygana, welche die oberen Hänge bedecken, so weit an das Meer heran, daß ihre untersten Vorposten vom Wasser nur durch einen schmalen Streifen, über den noch die Brandungsspritzer hinwegsprühen, getrennt sind. Auch da, wo ein flacher, sandiger Uferstreifen vorhanden ist, ist er oft, wenn es sich nicht gerade um eine größere Flußmündung handelt, nur wenige Meter breit und seine Vegetation entsprechend dürftig.

Noch seltener kommt es zur Dünenbildung. die im wesentlichen, da die Gezeiten wegfallen, auf Windwirkung zurückzuführen ist. Ich sah niedrige, dünenartige Erhebungen östlich von Trapezunt, ferner in der Bucht von Smyrna, im Mündungsgebiet des Mäander und an der Südküste bei Anamur und östlich von Mersina. Fast überall waren sie nur wenige Meter hoch und niemals bildeten sie mehr als einen einzigen Dünenzug. Ihre stets sehr offene Vegetation bestand nur noch zum Teil, und zwar hauptsächlich nahe dem Fuß, aus halophilen Arten; auf den oberen, schwach oder gar nicht versalzten Hängen und Kuppen wuchs meistens als sehr häufiges Gras *Cynodon dactylon*, ferner *Scleropoa rigida*, *Emex spinosus*, *Glaucium flavum*, *Tribulus terrestris*, *Echinophora spinosa* u. a. Die Kämme waren hin und wieder mit niedrigem, von den Seewinden abgestutztem Gebüsch bewachsen, je nach dem Standorte aus *Hippophae rhamnoides*, *Juniperus communis*, *Pistacia lentiscus*, *Vitex agnus castus* oder auch *Myrtus communis* bestehend.

Da der gesamten Küste Kleinasiens, sowohl am Schwarzen wie am Mittelmeer, der Wechsel von Ebbe und Flut fehlt, gehen ihr auch die dadurch bedingten Besonderheiten der Vegetation völlig ab. Der äußere Anblick der Sandstrandflora ist meist der gleiche; fast immer besteht sie aus krautigen Gewächsen, die gewöhnlich einzeln stehen, ohne eine geschlossene Vegetationsdecke zu bilden. Vielfach liegen ihre Stengel flach dem Boden an, und nicht selten werden sie völlig vom Sande verschüttet, arbeiten sich aber fast immer wieder, wie man es auch andernorts beobachten kann, ans Licht hervor. Ihre Blattentwicklung ist meist gering, und verschiedene von ihnen schützen sich gegen die auf dem hellen Seesande besonders wirksame Sonnenbestrahlung durch dichte, filzige Haarüberzüge.

Bisweilen findet man hinter den sandigen Uferwällen noch versumpfte Niederungen, die aber ebenfalls nur selten größere Ausdehnung erreichen und sich höchstens in der Nähe einiger Flußmündungen weiter ins Land hineinerstrecken. Bei dem steilen Abfall der Nord- und Südküste habe ich sie hier fast nie angetroffen, eher dagegen im Westen, wo besonders die breiten Mündungsgebiete des Mäander und des Hermos ihrer Entstehung günstig sind. Ihr Boden ist im Winter zum großen Teil überschwemmt, trocknet dann aber im Frühjahr gewöhnlich schnell aus, so daß er im Sommer von zahlreichen Rissen und Spalten durchzogen und vielfach mit einer feinen Kruste ausgewitterten Salzes bedeckt ist. Die Vegetation solcher Salzsümpfe, die im westlichen Kleinasien größte Ähnlichkeit mit den schon von HELDREICH beschriebenen Halipeden Griechenlands zeigt und meist recht artenreich ist, besteht der Bodenbeschaffenheit entsprechend, besonders in der Nähe des Meeres, ebenfalls vorwiegend aus obligatorischen Halophyten, darunter besonders häufig *Salicornia herbacea*, *S. fruticosa*, *Atriplex portulacoides*, *A. halimus*, *Obione verrucifera*, verschiedene *Statice*-Arten u. a. Weiter landeinwärts kommen dann aber infolge der geringeren Versalzung des Bodens noch allerhand fakultative Halophyten hinzu. Auch deren Zahl nimmt in größerer Entfernung vom Meere, in die Vegetation der nichtsalzigen Böden übergehend, allmählich ab, und schließlich treten nur noch ausgesprochene Binnenlandspflanzen auf. An den Rändern sind die Salzsümpfe der Küstenzone nicht selten von Gebüsch umsäumt, das fast stets aus Tamarisken besteht.

Räumlich scharf getrennt sind von den litoralen Salzgebieten die Salzsümpfe, Salzsteppen und Salzwüsten des Inneren. Bekanntlich stellt die kleinasiatische Halbinsel einen mächtigen, verhältnismäßig jungen Landblock dar, dessen nördliche und südliche Ränder umgebogen sind und zwischen sich eine breite Hochebene tragen, die im Westen in einer Höhe von etwa 800—900 m ü. M. beginnt und im Osten bis zu 1300—1400 m ansteigt. Mehrfach wird das Hochplateau von niedrigen Höhenzügen durchsetzt; außerdem treten verschiedene Inselgebirge auf, und zwar meist in Gestalt isolierter, oft ziemlich plötzlich und unvermittelt aufsteigender Kegel vulkanischen Ursprunges. Entsprechend seiner späten Entstehung erscheint der ganze kleinasiatische Block auch heute noch recht wenig ausgeglichen, und vor allem hat sich seine Entwässerung noch nicht an die gegenwärtigen Höhenverhältnisse angepaßt. Zwar findet vom Meere aus eine deutliche Zerschneidung und Zersetzung der Randgebirge statt, aber das Innere ist bisher kaum angegriffen, und die gewaltige anatolische Hochebene weist noch heute verschiedene Becken auf, die keine Verbindung mit dem Meere haben, sondern abflußlose Gebiete darstellen. Die wichtigsten von ihnen sind das Becken von Ilgün, das des großen Salzsees Tuz Čolü und das von Konia und Karaman. Mehrfach sind diesen abflußlosen Niederungen Seen und Sümpfe eingebettet, welche die von den Randgebirgen herkommenden Flüsse aufnehmen. Da diese letzteren im Sommer gewöhnlich ganz oder wenigstens zum großen Teil austrocknen, gehen auch die von ihnen gespeisten Seen entsprechend zurück; meistens versumpfen sie, aber selbst die Sümpfe trocknen bisweilen im Hochsommer bis auf den von zahllosen Spalten und Rissen zerklüfteten, mit ausgeschiedenem Salz bedeckten Grund aus. Im allgemeinen sind es immer die gleichen Gewässer, die im Laufe des Sommers verschwinden, und auch die einheimische Bevölkerung unter-

scheidet zwischen ständigen und austrocknenden Seen, indem sie die ersteren „Göl", die letzteren „Čolü" nennt.

Manchmal ist der Salzgehalt des Bodens so stark, daß sich überhaupt keine Vegetation auf ihm zu entwickeln vermag und daß man, wie es HAMILTON tut, geradezu von Salzwüste reden kann. Besonders ist dies der Fall in der Nähe des großen Salzsees von Tuz Čolü, der nach den Angaben von TSCHIHATCHEFF stellenweise mit einer dicken Salzkruste bedeckt ist und dessen Ufer von ausgeschiedenem Salz weithin weiß gefärbt sind. Obwohl genauere Untersuchungen über die Versalzung des inneranatolischen Bodens noch nicht vorliegen, kann man wohl sagen, daß sie vielfach wesentlich stärker ist als die der Küstenzone; auch die Zusammensetzung des Salzgemisches dürfte häufig eine andere sein, da im Inneren mehrfach Nitrate festgestellt wurden.

Sehr wesentliche Unterschiede bestehen auch in den klimatischen Bedingungen, denen die Halophyten des inneren Anatoliens gegenüber denen des Seestrandes unterworfen sind. Während die letzteren in einem milden maritimen Klima wachsen, das selbst an der rauheren Nordküste nur selten Temperaturen unter 0° und kaum Schneefälle bringt, außerdem dank der Nähe des Meeres durch große Niederschläge oder wenigstens hohe Luftfeuchtigkeit ausgezeichnet ist, existieren die Salzpflanzen der inneren Hochflächen unter ganz anderen Verhältnissen. Von ihnen halten die hohen Gebirge, welche die zentrale Tafel wie einen Wall umgeben, den größten Teil der vom Meere herübergewehten Feuchtigkeit ab, und besonders nach Osten zu, in der Nähe der fast völlig schartenlosen Taurus- und Antitauruskette, werden die Niederschläge immer geringer. So fallen in Angora in einer Höhe von 850 m ü. M. jährlich nur etwa 236 mm Regen und in Konia, noch weiter östlich in der Nähe des Taurus, bei 1030 m kaum 180 mm. Gerade diese östlichen Trockengebiete sind aber besonders reich an versalzten Böden, und die größten Salzgebiete Inneranatoliens, die Salzsteppen von Konia und Eregli, das Gebiet des Tuz Čolü, sowie die Salzsümpfe am Fuße des Argaeus, das Erdschias Dag, in der Gegend von Sultansasy, gehören ihnen an.

Auch die Verteilung der Niederschläge ist in den innerkleinasiatischen Steppengebieten eine recht ungünstige. In Angora fallen z. B. in den Monaten Mai, Juni, Juli und August kaum 93 mm Regen, und die relative Luftfeuchtigkeit sinkt in dieser Zeit gelegentlich bis auf 0%. Nur im Frühjahr und dann noch einmal im Herbst bzw. im Frühwinter treten reichlichere Niederschläge auf und führen den Seen und Sümpfen neues Wasser zu. Auch die Temperaturen sind im Inneren ganz anders als an der Küste. Denn die Sommer sind nicht nur sehr trocken, sondern auch sehr heiß und zeigen nicht selten mit einer Hitze von 30 bis 40° oder darüber erhebliche Überwärmung. Andererseits ist infolge der hohen Lage die nächtliche Abkühlung eine sehr große. Selbst im Hochsommer hat man innerhalb von 24 Stunden Temperaturunterschiede bis zu 20° und sogar noch mehr beobachtet; infolgedessen liegen die Mitteltemperaturen auch im Sommer verhältnismäßig niedrig. Der Herbst ist meist wärmer als der Frühling, was wohl auf die lange liegenbleibenden Schneemassen des Winters zurückgeführt werden muß, denn die Wirkung des Meeres kommt wohl im Inneren kaum noch zur Geltung. Die Winter selbst sind kalt und zeigen im Gegensatz zum Sommer häufig einige Unterkühlung. Zumal in dem für die Salzvegetation hauptsächlich in Betracht kommenden Osten sind sie besonders streng, da sie hier unter dem Einfluß einer sich von dem armenischen Hochlande hineinschiebenden Kältezunge stehen. Jedenfalls bildet das Klima des inneren Anatoliens einen schroffen Gegensatz zu den milden, völlig anders gearteten klimatischen Verhältnissen der pontischen und mediterranen Küste; es hat ausgesprochen kontinentalen Charakter, kalte Winter sowie trockene, heiße Sommer, große, jährliche wie tägliche Temperaturschwankungen und geringe, überdies noch ungünstig verteilte Niederschlagsmengen.

Es liegt die Frage nahe, wie verhalten sich die Pflanzen der zentralen Salzsteppen und Salzwüsten zu den klimatisch völlig anderen Bedingungen unterworfenen Halophyten des Seestrandes. Ich habe selbst in dem Salzgebiet nordöstlich von Konia folgende Arten sammeln können: die Gräser *Aeluropus litoralis, Agropyrum prostratum, A. scirpeum,* ferner *Carex divisa, Scirpus lacustris, Juncus Gerardi* var. *condensatus,* die Chenopodiaceen *Panderia pilosa, Halanthium pilosum, Camphorosma monspeliaca, Salsola kali, Atriplex tataricum* var. *virgatum,* weiter *Spergularia marginata, Lepidium crassifolium* var. *ramosissimum, Erysimum sisymbrioides, Malcolmia africana, Frankenia pulverulenta, F. hirsuta* sowie die Varietät *F. hirsuta* var. *hispida, Statice globulifera, Glaux maritima* und *Erythraea latifolia* In der Salzsteppe am See von Sultan Sasy südlich vom Erdschias Dag[1], den ich im Juni 1927 besuchte, als er fast völlig ausgetrocknet und auf seinem von zahlreichen Rissen und Spalten durchzogenen Boden dicht mit ausgewittertem Salz bedeckt war, kommen vor *Aeluropus litoralis, Carex divisa, Salicornia herbacea, S. fruticosa, Salsola kali, S. spissa, Kochia scoparia, K. prostrata, Atriplex litoralis, Panderia pilosa, Lepidium pumilum, L. crassifolium* var. *dentatum, Frankenia pulverulenta, Fr. hirsuta, Statice globulifera, St. Gmelini, St. pycnantha, Glaux maritima* u. a., also zum größten Teil dieselben Arten wie bei Konia. Von anderen Halophyten, die aus dem Inneren angegeben werden, nenne ich noch *Scirpus maritimus, Polygonum maritimum, Atriplex roseum, Obione verru-*

[1] Siehe darüber auch E. ZEDERBAUER, Ergebnisse einer naturwissenschaftlichen Reise zum Erdschias-Dagh, in Ann. k. k. naturhist. Hofmuseum **20**, 359–464 (1905).

cifera, Halocnemum strobilaceum, Lepidium crenatifolium, Orlaya maritima und *Statice caspia;* doch sind diese z. T. zweifelhaft, wie überhaupt die inneranatolische Halophytenflora noch recht unvollkommen bekannt und mit den Pflanzen, die ich eben angeführt habe, durchaus nicht erschöpft ist. Immerhin sind die genannten Arten doch die wichtigeren und häufigeren Bewohner der Salzgebiete des inneren Kleinasiens, wenn sich auch die Zusammensetzung der Vegetation je nach örtlichen Verhältnissen und abhängig vor allem von dem Salzgehalt des Substrates mehrfach ändert.

Auf schwächer versalzten Böden treten dann noch verschiedene fakultative Halophyten auf, wie *Atropis distans, Convolvulus lineatus, Taraxacum farinosum, Alyssum desertorum* und *Androsace maxima.* Gewöhnlich kann man bei diesen Arten, besonders bei den beiden zuletzt genannten, die durch die ganze inneranatolische Hochebene verbreitet und häufig sind, beobachten, daß sie auf Salzboden klein und niedrig bleiben und auch weniger Blüten und Früchte ansetzen wie auf Sand- oder Kiesboden.

Stellt man fest, welche Pflanzen der inneranatolischen Salzsteppen und -sümpfe auch am Meere vorkommen, so ergibt sich, daß dies bei der großen Mehrzahl der Fall ist. Häufige Strandpflanzen sind von den oben genannten vor allem *Aeluropus litoralis, Agropyrum scirpeum, Juncus Gerardi, Salsola kali, Salicornia herbacea, S. fruticosa, Polygonum maritimum, Atriplex litorale, A. tataricum, A. roseum* und *Statice Gmelini;* aber auch die meisten anderen, wie *Carex divisa, Scirpus lacustris, S. maritimus, Obione verrucifera, Halocnemum strobilaceum, Orlaya maritima, Scabiosa maritima* usw. kommen im Küstengebiet vor. Auf das Innere beschränkt scheinen nur *Panderia pilosa, Salsola spissa, Kochia prostrata, Lepidium crassifolium, L. pumilum, L. crenatifolium, Erysimum sisymbrioides, Statice globulifera* und *St. pycnantha* zu sein. Außerdem ist nur aus den Salzsümpfen des inneren Kleinasiens *Glaux maritima* bekannt, die als Strandpflanze im gemäßigten Klimabereich der ganzen nördlichen Halbkugel weit verbreitet ist, im Mittelmeergebiet dagegen bisher nur an sehr wenigen Stellen der Küste beobachtet wurde und überdies an diesen in ihrem Indigenat sehr zweifelhaft ist. Auch in Kleinasien kommt sie in der maritimen Zone nicht vor, während sie in den Salzsümpfen des Inneren recht häufig ist. Zweifellos sind es bei ihr die Sonderheiten des mediterranen Litoralklimas, die sie im Tieflande ausschließen; immerhin nimmt sie eine Ausnahmestellung ein. Die Mehrzahl der Halophyten des Inneren, von den oben aufgeführten Arten etwa drei Viertel, sind auch Pflanzen des Meeresstrandes; nur ein knappes Viertel kommt dort nicht vor, sondern stellt Endemismen der innerasiatischen Salzgebiete dar, teils von engerer Verbreitung, teils von Kleinasien hinübergreifend auf die östlichen Nachbarländer, auf Armenien, Persien oder noch weiter. Die große Übereinstimmung zwischen der maritimen und der binnenländischen Salzflora erscheint in Kleinasien wegen der großen klimatischen Verschiedenheiten recht beachtenswert; denn die gleichen Arten, die an der Küste niemals Kältegrade zu ertragen haben, halten im Innern wochenlang strengen Frost bis zu −20° oder noch mehr aus und vermögen, während sie in dem einen Falle nie unter wesentlichen Wassermangel leiden, im anderen die lange sommerliche Dürreperiode ohne Schaden zu ertragen. So groß die Unterschiede zwischen der mediterranen oder pontischen Zone Kleinasiens und den zentralen Hochsteppen sind, so sehr die einzelnen Gebiete floristisch wie physiognomisch voneinander abweichen und so wenig Arten sie sonst miteinander gemein haben, in der Halophytenflora kommen alle diese Unterschiede nur wenig zum Ausdruck; hier besteht im Gegenteil, abhängig von der ausschlaggebenden Bodenbeschaffenheit, weitestgehende Übereinstimmung.

Zum Teil erklärt sich dies allerdings auch daraus, daß es sich bei den dem Innern und der Küste gemeinsamen Salzpflanzen vorwiegend um einjährige Arten handelt, die sich natürlich leichter an veränderte Verhältnisse anpassen. Mehrjährige Arten, wie *Halocnemum strobilaceum, Salicornia fruticosa, Statice Gmelini* u. a. sind unter ihnen seltener, und gerade hier kennen wir, z. B. in Vertretern der Gattung *Statice,* verschiedene Arten, die nur auf das Innere oder auf das Küstengebiet beschränkt sind. Auch der im Innern lange andauernden sommerlichen Trockenperiode kommt für die Verbreitung der Halophyten nicht die Bedeutung zu, welche man ihr zunächst beilegen möchte, da alle Salzpflanzen an und für sich mehr oder weniger xerophil sind.

Auf welchen Wegen die Einwanderung der inneranatolischen Halophyten erfolgte, läßt sich nur schwer feststellen. Bei den Besonderheiten der kleinasiatischen Oberflächengestaltung, in der Küsten und zentrale Hochsteppen vielfach durch gewaltige Randgebirge getrennt sind, kommt wohl häufig eine Verbreitung durch Vögel in Betracht, denn ein allmähliches, gleichsam etappenweises Hinüberwandern erscheint für viele Arten ausgeschlossen.

Besprechungen.

Grimsehls Lehrbuch der Physik. Zum Gebrauch beim Unterricht, neben akademischen Vorlesungen und zum Selbststudium. **1. Band: Mechanik, Wärme, Akustik.** 7. Auflage, vollständig neubearbeitet von R. Tomaschek. Leipzig und Berlin: B. G. Teubner 1929. VIII, 700 S. und 706 Abb. 16×23 cm. Preis geb. 22.— RM.

Der „Grimsehl" ist nach Ansicht des Besprechenden dasjenige Lehrbuch der Gesamtphysik, das nach Umfang und Darstellungsart für Lehrer und Fachstudenten

der Physik in erster Linie in Frage kommt; umfangreichere Werke, wie etwa der neue MÜLLER-POUILLET, sind für den einzelnen heute so gut wie unerschwinglich und die verschiedenen guten einbändigen Lehrbücher dienen vor allem den Bedürfnissen derjenigen, für die Physik nur eine Hilfswissenschaft ist.

Im Hinblick auf diese Bedeutung des Grimsehl greift man gespannt zur neuen Auflage und Bearbeitung; eine etwas ausführlichere Besprechung mag dadurch gerechtfertigt werden.

Zunächst liegt nur der 1. Band vor; er enthält Mechanik, Wärme und Schwingungslehre; die früher in ihm noch enthaltene Optik soll nunmehr erst im Anschluß an das elektromagnetische Feld im 1. Teil des zweiten Bandes behandelt werden. Als selbständiger zweiter Teil des zweiten Bandes — warum nicht einfach als dritter Band bezeichnet? — soll dann noch abschließend der „Aufbau der Materie" kommen.

Diese Neueinteilung bietet zunächst den äußerlichen Vorteil, daß an Stelle der bisherigen zwei, schon recht unhandlich gewordenen Bände künftig drei handliche treten sollen; dabei ist aber dringend zu hoffen, daß der Gesamtumfang des Werkes eher verringert als vergrößert wird; so notwendig die Einfügung neuer Erkenntnisse ist, so wichtig ist auch die Entschlußfreudigkeit, Unwichtiges wieder auszumerzen; in dieser Hinsicht wären im vorliegenden Band unseres Erachtens noch einige Streichungen möglich gewesen. Durch die Neueinteilung wird weiterhin der innere Vorteil erreicht, daß die Optik in dem Zusammenhang behandelt wird, in den sie gehört, und nicht wie bisher, aus geschichtlichen Gründen, als Gebiet für sich; es ist zu erwarten, daß gewisse optische Vorgänge (die Strahlungsumformungen usw.) überhaupt erst im dritten Teil (Aufbau der Materie) ihre Darstellung finden werden. Diese Verlegung und Aufteilung der Optik bedeutet übrigens unseres Erachtens nicht nur einen systematischen, sondern auch einen didaktischen Gewinn.

An sich ist es vielfach unmöglich, in der Stoffeinteilung gleichzeitig den Anforderungen der Didaktik und denen einer systematischen Anordnung gerecht zu werden. Der Bearbeiter hat sich noch weitergehend als seine Vorgänger entschlossen, den Gesichtspunkt straffer Gliederung in den Vordergrund zu stellen und dabei auf manchen alten didaktischen Kunstgriff GRIMSEHLS zu verzichten. Das Buch macht, je älter es wird, desto entschiedener den Weg von der rein induktiven zu einer mehr deduktiven Darstellung durch. Unseres Erachtens ist diese Wandlung nicht zu verwerfen, sofern stets klar ausgesprochen wird, was wirklich experimentelle Tatsache ist. Ein solches Lehrbuch soll keine Niederschrift von Vorlesungen sein und es können häufige Verweise auf später in ihrem Zusammenhange zu behandelnde Erscheinungen durchaus einen Ersatz für eine didaktisch geforderte Stoffzersplitterung bieten.

Die grundlegenden Begriffe der erzwungenen Schwingungen, Resonanz, Dämpfung, Phasenverschiebung, Kopplung, haben erfreulicherweise in der Neubearbeitung eine entsprechende Behandlung erfahren; vielleicht wäre bei dieser Gelegenheit ein Hinweis empfehlenswert gewesen, daß die betreffenden Gesetzmäßigkeiten ganz allgemeine Gültigkeit haben und nicht auf die behandelten mechanischen Schwingungen beschränkt sind. Zu knapp erscheint dem Besprechenden immer noch die Behandlung der modernen Akustik, die ja nicht nur außerordentliche praktische Bedeutung gewonnen hat, sondern auch vorzügliche Beispiele für die formale Übereinstimmung aller Schwingungsvorgänge liefert. Die Fourieranalyse in ihrer Bedeutung und gelegentlichen Überschätzung erscheint ebenfalls zu stiefmütterlich behandelt.

Welche Gründe den Neubearbeiter veranlaßt haben, auch nach Umstellung und Aufteilung der Optik die Schwingungslehre hinter der Wärmelehre zu belassen und sie nicht im unmittelbaren Anschluß an die Mechanik zu behandeln, wird nicht recht ersichtlich. In anderen Fällen sind erhebliche Umstellungen vorgenommen.

Bei der Behandlung der Wärmelehre ist sehr zu begrüßen, daß nunmehr die kinetische Theorie als experimentelle Tatsache in den Vordergrund gestellt ist; es wäre aber wohl möglich gewesen, ihre Bilder noch weitergehend, als es geschehen ist, zum Verständlichmachen der Erscheinungen auszunutzen, bzw. beim Verdampfungsvorgang. So unfehlbar die Thermodynamik auch grundsätzlich ist, so undurchsichtig und schwierig ist sie eben doch, wie die Unterrichtserfahrung zeigt, in der Handhabung.

Der molekulare Aufbau der Materie wird frühzeitig eingeführt und erleichtert die Behandlung der Eigenschaften der verschiedenen Aggregatzustände. Die monomolekularen Schichten hätten vielleicht eine Berücksichtigung verdient. Wieder gekürzt gegenüber der vorigen Auflage ist der Abschnitt über Ärodynamik, der damals stark erweitert worden war. Hier wie an anderen Stellen empfindet man jedoch immer noch die Kittstellen etwas unorganisch.

Überall spürt man die erfolgreiche Bemühung des Bearbeiters, gleich seinen Vorgängern durch Zusätze oder Änderungen, gelegentlich auch Streichungen, die Darstellung auf der Höhe zu halten. An Erweiterungen seien beispielsweise genannt: Ausgleichsvorgänge in Gasen, Atomstrahlen, Benson-Verfahren, Eotvös-Drehwaage, Echolot, Magnuseffekt, Krystallgitter, Nernstsches Wärmetheorem, Schlingertank, Segelflug, Kinematische Zähigkeit, Isotomeograph. Zahlreiche Abbildungen sind umgezeichnet, veraltete beseitigt, neue aufgenommen.

Vielfach merkt man dabei die Anregungen, die von anderen neuen Lehrbüchern, beispielsweise vom „Berliner", ausgegangen sind. Ein bekannter Mathematiker hat gesagt: „in der Didaktik gibt es keine Prioritäten", und so ist es wohl das Schicksal jedes guten Buches, gerade in seinen originellen Teilen alsbald anonymes Allgemeingut zu werden.

Mit erheblicher Spannung wird man den weit stärker umgearbeiteten weiteren Teilen des Grimsehl entgegensehen. Es erscheint aber schon auf Grund dieses ersten Bandes als sicher, daß das Werk seine große Bedeutung behalten und mehren wird.

B. GUDDEN, Erlangen.

Handbuch der Experimentalphysik, herausgegeben von W. WIEN † und F. HARMS unter Mitarbeit von H. LENZ. **Bd. 8, 1. Teil: Energie- und Wärmeinhalt** von A. EUCKEN. Leipzig: Akademische Verlagsgesellschaft m. b. H. 1929. XV, 736 S und 235 Abbild. 18×25 cm. Preis geh. RM 63.—, geb. RM 65.—.

Als Teilband des Handbuchs der Experimentalphysik gibt das vorliegende Werk eine vortreffliche Darstellung der experimentellen Methoden zur Bestimmung des Energie- und Wärmeinhalts der Körper oder richtiger seiner Änderung bei Zustandsänderungen und chemischen Reaktionen. Da jedoch das Verständnis der Meßmethoden die Kenntnis der thermodynamischen Grundbegriffe und der einfachsten Zusammenhänge zwischen den verschiedenen thermodynamischen Größen erfordert, ist ein kurzgefaßter „Allgemeiner Teil" dem ausführlichen „speziellen Teil", in dem die experimentellen Methoden und Ergebnisse behandelt werden, vorangestellt worden. Dieser erste Teil enthält im ersten Kapitel die Besprechung und Erläuterung der kalori-

schen Grundbegriffe und ihrer thermodynamischen Zusammenhänge. Auch die „kalorische Zustandsgleichung", die die Druck- und Volumenabhängigkeit des Energie- und Wärmeinhalts homogener Körper wiedergibt, ist hier behandelt. Es folgt ein kurzes Kapitel über die energetischen Maßeinheiten und das mechanische und elektrische Wärmeäquivalent mit Angabe der Ergebnisse aller einigermaßen zuverlässigen Methoden. Das dritte Kapitel beschäftigt sich mit dem Teil der Experimentalphysik, der gewöhnlich als *Calorimetrie* bezeichnet wird. Hier wird zunächst nur ein allgemeiner Überblick über die prinzipiellen Möglichkeiten zur Messung von Wärmemengen gegeben. Sehr wichtig und für die Genauigkeit der Ergebnisse ausschlaggebend sind die Methoden zur Vermeidung von Wärmeverlusten und die zum Ausgleich der Wärmeverluste anzubringenden Korrektionen; sie werden daher ausführlich besprochen. Den Schluß des allgemeinen Teils bildet eine eingehende Beschreibung der apparativen Hilfsmittel zur Ausführung calorimetrischer Messungen.

Im „Speziellen Teil" ist der Stoff nicht nach experimentellen Methoden, sondern zunächst nach Anwendungsgebieten geordnet. Das Thema „Spezifische Wärmen" oder „Abhängigkeit des Energie- und Wärmeinhalts von Temperatur und Volumen bzw. Druck" nimmt den weitaus breitesten Raum ein. Feste Körper, Flüssigkeiten und Gase sind getrennt behandelt. In jedem Falle wird nach der Beschreibung der verschiedenen Meßmethoden eine sehr umfassende Zusammenstellung der vorhandenen Meßresultate in tabellarischer Form und, soweit angängig, auch in graphischer Darstellung gegeben. Da der Verfasser die Materie vom Standpunkte des Physikers behandelt, fehlt auch die Diskussion der Versuchsergebnisse unter Berücksichtigung der verschiedenen physikalischen Theorien nicht, und besonders in den Abteilungen „Feste Körper" und „Gase" wird die Quantentheorie der spezifischen Wärmen, zu deren Prüfung ja ein großer Teil der neueren experimentellen Untersuchungen ausgeführt worden ist, häufig herangezogen. Die zweite Hälfte des „Speziellen Teils" bringt die Messung der „latenten Wärmen" also bei der Änderung des Aggregatzustandes und bei chemischen Vorgängen auftretenden Wärmetönungen. Abgesehen von den rein calorimetrischen Methoden werden auch die indirekten Methoden zur Bestimmung thermischer Größen, die sich auf den zweiten Hauptsatz der Thermodynamik stützen, behandelt. Auch neuere Methoden, z. B. die Bestimmung von Wärmetönungen aus der maximalen Arbeit, die ihrerseits aus der EMK einer galvanischen Kette erhalten werden kann, sowie die spektroskopischen Methoden zur Bestimmung von Dissoziationswärmen und die Methode des Elektronenstoßes sind erwähnt.

Ein besonderer Vorteil des Bandes ist darin zu erblicken, daß im Gegensatz zur sonstigen Gepflogenheit der Handbücher das ganze umfangreiche Gebiet von *einem* Autor behandelt worden ist, der es durch viele eigene Untersuchungen sehr gut kennt. Daher ist nicht nur die Darstellung klar und flüssig, sondern auch die Gliederung des Stoffes organisch und systematisch. Die zahlreichen Abbildungen, die fast jede vorkommende Versuchsanordnung und jeden gebräuchlichen Hilfsapparat wiedergeben, werden für den experimentell arbeitenden Benutzer ebenso wertvoll sein wie das in den Tabellen und Kurven enthaltene Erfahrungsmaterial, das außerdem auch für denjenigen, der sich für die theoretischen Zusammenhänge interessiert, sehr nützlich ist. Hervorzuheben ist die große Sorgfalt, mit der der Verfasser jede Figur mit einer Unterschrift und jede Tabelle mit einer erläuternden Überschrift versehen hat, was besonders bei einem Hand- und Nachschlagebuch für den Leser sehr angenehm ist. Auch die im Anfang gegebene Zusammenstellung der häufiger benutzten Formelzeichen mit Angabe der Stelle, wo die betreffende Größe genauer definiert ist, dürfte die Benutzung des Buches wesentlich erleichtern. Wenn demgegenüber zu erwähnen ist, daß der theoretisch-thermodynamische Teil, der auf 27 Seiten zusammengedrängt ist, wohl etwas zu „konzentriert" geworden ist, um für den die Thermodynamik nicht beherrschenden Leser ohne weiteres verständlich zu sein, so soll diese Bemerkung keineswegs den Wert des ausgezeichneten Werkes, das ja Experimentalphysik behandeln soll, irgendwie herabsetzen. Die drucktechnische Ausstattung ist, wie bei den anderen Bänden des Handbuches, mustergültig. I. Estermann, Hamburg.

BLOCH, EUGÈNE, **L'Ancienne et la Nouvelle Théorie des Quanta.** Paris: Hermann & Cie. 1930. 417 S. und 41 Figuren. 16×25 cm. Preis 90 Fr.

Die Konsolidierung, die seit einigen Jahren in der Quantentheorie eingetreten ist, hat das Entstehen einer ganzen Anzahl von Lehrbüchern und zusammenfassenden Darstellungen verschiedener Art veranlaßt. Das vorliegende Buch scheint mir unter diesen Neuerscheinungen besondere Aufmerksamkeit zu verdienen. Es ist hervorgegangen aus Vorlesungen, die für Studenten gehalten wurden, welche zum Teil zum ersten Male mit quantentheoretischen Dingen bekannt gemacht werden sollten: dies bedingt den besonderen Charakter des Buches, welches überall mit den Elementen beginnt, mit den Erfahrungstatsachen selbst und mit den älteren Theorien, um allmählich in das Verständnis der neuen Wellen- und Matrizenmechanik einzuführen.

Das Bestreben, einen so umfangreichen und vielgegliederten Stoff in einem handlichen (und lesbaren) Buche zu behandeln, nötigte naturgemäß zu einem Verzicht auf systematische Vollständigkeit zugunsten einer eingehenden Behandlung bestimmter charakteristischer Beispiele. Der Verfasser nennt ausführlich einige Dinge, die *nicht* behandelt werden konnten: vor allem die Theorie der spezifischen Wärmen, der Starkeffekt, die Röntgenspektren, die Dispersion, die Bandenspektren; und ferner einige teils kompliziertere, teils auch noch ungeklärte Dinge, wie z. B. die Theorie des He-Atoms, der chemischen Bindung, der metallischen Leitung und des relativistischen Drehelektrons. Was unter diesen Einschränkungen zu bringen ist, ist nicht mehr so viel, daß es zur Verwirrung oder Ermüdung des Lesers führen könnte; aber doch völlig genug, um in sehr solider und gründlicher Weise den Studierenden oder auch den an der neuen Theorie interessierten Experimentator bis zu den wichtigsten Begriffen der heutigen Theorie zu führen, ohne darüber die sorgfältige Erläuterung der älteren, aber dauernd wichtig bleibenden Gedanken (Korrespondenzprinzip usw.) zu vernachlässigen.

Das erste Kapitel enthält einen geschichtlichen Überblick, beginnend mit den ursprünglichen Ideen von Planck, Einstein und Bohr und endend mit den Ungenauigkeitsregeln. Die beiden nächsten Kapitel behandeln das Plancksche Strahlungsgesetz (nach der Einsteinschen Ableitung), den lichtelektrischen Effekt, die Lichtquantenvorstellung und (besonders eingehend) ihre Beziehung zum Dopplereffekt. Dem Comptoneffekt ist ein besonderes Kapitel gewidmet, in welchem auch die Experimente von Compton und Simon kurz besprochen werden. Leider läßt jedoch die Darstellung in einigen Punkten Dinge als noch ungeklärt erscheinen, die theoretisch bereits durchaus erledigt sind. Es folgt ein Kapitel, das sich mit dem periodischen System der Elemente und der Struktur der Atome beschäftigt: wir möchten

freilich glauben, daß sein Inhalt dem Studierenden z. T. erst *nach* den dann folgenden fünf Kapiteln recht verständlich werden wird.

Der Inhalt dieser fünf Kapitel (6—9) ist gekennzeichnet durch die Überschriften: „Das H-Spektrum und die BOHRsche Theorie. Die SOMMERFELDschen Quantenbedingungen; Anwendung auf das H-Atom. Die räumliche Quantelung und der Atommagnetismus. Die Spektralserien und das Leuchtelektron. Der Zeemaneffekt." Im 8. Kapitel findet auch der experimentelle Nachweis der räumlichen Quantelung nach STERN und GERLACH gebührende Berücksichtigung. Das 9. und 10. Kapitel bringen die „Zoologie" der Spektren und den Zeemaneffekt (einschließlich Paschen-Backeffekt) in einem glücklich gewählten Maß von Ausführlichkeit, das Wesentliche gründlich erläuternd, ohne sich in jenem Gestrüpp mannigfaltigster Komplizierungen zu verlieren, welches den Anfänger so leicht abschreckt. Auch die Auffassung des H-Spektrums als spezielles Alkalispektrum wird besprochen.

Die beiden nächsten Kapitel: „Grundresultate der analytischen Mechanik. Die BOHRschen Quantenbedingungen und das Korrespondenzprinzip" setzen die in Kapitel 7 begonnene systematische Darlegung der älteren analytischen Methoden der Quantentheorie fort. Die wichtigsten Begriffe und Sätze der klassischen analytischen Mechanik werden vorgeführt und quantentheoretisch gemäß BOHRS Ideen verwertet. Mehrfach periodische Systeme, Quantenbedingungen, Adiabatensatz, Korrespondenzprinzip, Auswahlregeln usw. werden behandelt.

Mit Kapitel 13 beginnen dann die neuen Theorien; zunächst: „Die DE BROGLIEschen Wellen. Die Experimente betreffs der Wellennatur des Elektrons" (G. P. THOMSON, RUPP usw.). Drei weitere Kapitel: „Die SCHRÖDINGERsche Gleichung. Erste Anwendungen der Wellenmechanik. Das H-Atom und die Deutung der Schrödingerfunktion" bringen in systematischer Darstellung das Wichtigste von den Grundlagen und Anwendungen der Wellenmechanik.

Kapitel 17: „Die Matrizenmechanik" und Kapitel 18 „Kanonische Transformationen und Systeme von mehreren Freiheitsgraden. Äquivalenz der beiden quantenmechanischen Theorien" führen entsprechend in sehr übersichtlicher Weise die aus dem Korrespondenzprinzip entwickelte Form der Quantenmechanik und ihren Zusammenhang mit der DE BROGLIE-SCHRÖDINGERschen Wellenmechanik vor.

Ein besonderes Kapitel ist den HEISENBERG-BOHRschen Ungenauigkeitsregeln gewidmet.

Endlich behandelt das Schlußkapitel (20) die BOSE-EINSTEINsche und die FERMIsche Statistik. — hierbei freilich sich auf eine etwas summarische Darstellung beschränkend, ohne auf Einzelheiten und Anwendungen näher einzugehen.

Zwei mathematische Anhänge erläutern für die Zwecke der älteren Theorie ein Beispiel der SOMMERFELDschen komplexen Integration und für die Zwecke der Wellenmechanik das Notwendigste über die Funktionen bzw. Polynome von LEGENDRE, LAPLACE, HERMITE und LAGUERRE. P. JORDAN, Rostock.

FRENKEL, J., **Einführung in die Wellenmechanik.** Berlin: Julius Springer 1929. VIII, 317 S und 10 Abb. 16×24 cm. Preis geh. RM 26.—, geb. RM 27,60.

Das vorliegende Buch ist eine hauptsächlich die Wellenauffassung der Quantenmechanik verwendende vorzügliche Einführung in die elementare Quantenmechanik; wie der Verf. im Vorwort angibt, „hauptsächlich für den Experimentalphysiker, den Chemiker, den wissenschaftlich gebildeten Ingenieur und Studierende der höheren Semester" geschrieben.

Nach einer breiten und anschaulichen Darlegung der Grundbegriffe der Wellenmechanik, die sowohl das historische Entstehen der PLANCK-EINSTEIN-BOHRschen Gedanken, wie auch die wellenoptisch-mechanische Begründung der neuen Mechanik durch DE BROGLIE-SCHRÖDINGER, sowie die wichtige prinzipielle Erkenntnis der HEISENBERGschen Ungenauigkeitsrelationen berücksichtigt (Kapitel 1 und Teile des Kapitel 2), werden die SCHRÖDINGERschen Gleichungen für das Ein- und Mehrelektronenproblem abgeleitet. Dann wird die DIRACsche relativistische Elektronengleichung besprochen. Diese Gleichung wird auf einem neuen, Verbindungen mit der elektromagnetischen Lichttheorie herstellenden Wege gewonnem. (Immerhin werden wohl manche die klassische Einfachheit DIRACS eigener Begründung seiner Gleichungen vorziehen.)

Im Kapitel 3 wird der Zusammenhang mit der Matrizentheorie hergestellt und Anwendungen auf die prinzipiell höchstwichtigen Probleme der Lichtemission und der Resonanz von Mehrelektronensystemen gegeben. Es ist schade, daß sich der Verfasser nicht entschließen konnte, im ersten Falle die letzten Endes allein konsequente und befriedigende DIRACsche Theorie des Lichtes darzulegen, die übrigens die erste und bis heute einzige Möglichkeit lieferte, die Lichtquantentheorie mit der MAXWELLschen zu vereinigen. Daß ihn im letzteren der Raummangel an der Heranziehung der die anderen Methoden an Leistungsfähigkeit und Kürze weit überbietenden gruppentheoretischen Mittel verhinderte, erscheint verständlicher.

Das Kapitel 4 gibt Anwendungen auf die wichtigsten speziellen Probleme: Wasserstoffatom, wasserstoffähnliche Spektren, Comptoneffekt usw.

J. v. NEUMANN, Princeton.

DE BROGLIE, MAURICE, und LOUIS DE BROGLIE, **Einführung in die Physik der Röntgen- und Gammastrahlen.** Von den Verfassern ergänzte deutsche Ausgabe, Übersetzung von L. v. SEUFFERT, mit einem Geleitwort von L. GRAETZ. Leipzig: Joh. Ambr. Barth 1930. VIII, 208 S., 33 Abbild. und 11 Taf. 16×23 cm. Preis geh. RM 21.—, geb. RM 23.—.

Ein sehr frisch und lesbar geschriebenes Buch, das seinen Zweck in die Physik der kurzwelligsten Strahlungen einzuführen, ausgezeichnet erreichen wird, und daher, namentlich auch den Studierenden, warm empfohlen sein mag. Es unterstützt die Verständlichkeit des Textes sehr wesentlich durch viele gute Abbildungen von Spektren elektromagnetischer und korpuskularer Strahlungen, Wilsonaufnahmen und ähnlichem. Denn auch die Elektronenstrahlen spielen in ihm eine große Rolle, wie es ihrem Zusammenhang mit den anderen Strahlungsarten entspricht.

Natürlich zieht sich durch das ganze Buch der heutzutage nicht überbrückte Zwiespalt zwischen klassischer und quantentheoretischer Auffassung; beide kommen zu ihrem Recht.

Seine Eigenart erhält das Buch durch die besondere Berücksichtigung der Leistungen französischer Physiker (z. B. AUGER, THIBAUD); sich selbst stellen die Verfasser wohl mehr in den Hintergrund, als ein anderer Autor getan hätte. Ich sehe in dieser Hervorhebung keinen Nachteil; die betreffenden Arbeiten sind nach meinen Erfahrungen bei uns weniger bekannt als sie verdienen. Auch hat man nicht den Eindruck, daß dem eine unsachliche Absicht zugrunde liegt.

M. v. LAUE, Berlin.

Herausgeber und verantwortlicher Schriftleiter: Dr.-Ing. e. h. DR. ARNOLD BERLINER, Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck der Spamerschen Buchdruckerei in Leipzig.